Über Spinalganglien und Rückenmark des Petromyzon.

Von stud. med. **Sigm. Freud.**

Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität.)

Mit 4 Tafeln und 2 Holzschnitten.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 18. Juli 1878.)

Aus dem LXXVIII. Bande der Sitzb. der k. Akad. d. Wissensch. III. Abth. Juli-Heft. Jahrg. 1878.

[78]

Spec. Coll.

Aus dem LXXVIII. Bande der Sitzb. der k. Akad. d. Wissensch. III. Abth. Juli-Heft. Jahrg. 1878.

INSTITUTE
Part
WL 400
1878
F88u2

Über Spinalganglien und Rückenmark des Petromyzon.

Von stud. med. **Sigm. Freud.**

(Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität.)

(Mit 4 Tafeln und 2 Holzschnitten.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 18. Juli 1878.)

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE

I. Über die Literatur der Spinalganglien.

Es erscheint mir zweckmässig, etwas von den bisherigen Mittheilungen über die Spinalganglien der Wirbelthiere zu sagen, bevor ich die Resultate meiner Untersuchungen über die Spinalganglien des Petromyzon darlege. Ich verfolge dabei die Absicht zu prüfen, ob die Vermuthung eines gleichartigen Baues der Spinalganglien bei höheren und niederen Wirbelthieren durch die gemachten Beobachtungen bestätigt oder zurückgewiesen wird.

Die Mehrzahl der Autoren ist nicht geneigt, die Identität im Bau der Spinalganglien bei den Wirbelthieren anzuerkennen. Man beschreibt Verhältnisse in den Spinalganglien der Fische, die man bei den anderen Wirbelthieren nicht wiederfindet, und findet bei den letzteren Bildungen, welche den Fischen zu fehlen scheinen. Diese Differenzen gewinnen an Bedeutung, weil wenigstens über die Spinalganglien der Fische die Angaben der Autoren gut übereinstimmen, und man deren Bau erschöpfend zu kennen glaubt.

Die Angaben der Autoren über die Spinalganglien der höheren Wirbelthiere lauten so wenig übereinstimmend, dass es nicht leicht möglich ist, sich aus denselben eine Vorstellung vom Bau der Spinalganglien zu bilden, wenn man keinen Grund hat, einen Theil der gemachten Beobachtungen zu verwerfen. Die Widersprüche der Autoren erscheinen nicht wunderbar, wenn man erwägt, dass die Methode der Untersuchung den Schwierigkeiten des Objectes durchaus nicht gewachsen ist. Seitdem zuerst von Helmholtz, Robin, Bidder u. A. der

Zusammenhang der Nervenfasern mit den Nervenzellen entdeckt wurde, haben sich für die Spinalganglien Fragen ergeben, deren endgiltige Beantwortung noch heute aussteht: ob alle Nervenfasern der hinteren Wurzel mit den Zellen des Spinalganglions zusammenhängen oder nur ein Theil, und in welcher Weise; ob im Spinalganglion eine Faservermehrung stattfindet, und ob Verbindungen zwischen den Zellen selbst bestehen. Diese Fragen sind zum Theil identisch mit denen nach der Anzahl und dem Verlaufe der Fortsätze der Spinalganglienzellen.

Von der feineren Structur der Zelle und ihren Differenzirungen soll hier nicht die Rede sein.

Die Spinalganglien der Wirbelthiere bestehen aus dicht zusammengedrängten Nervenzellen, aus Nervenfasern, welche unregelmässige Wege zwischen den Nervenzellen nehmen, aus Gefässen, bindegewebigen und endotelialen Bildungen. Alle diese Elemente sind im Spinalganglion zu einem Klumpen vereinigt, dessen Aufhellung und Ansicht als Ganzes unter dem Mikroskop nichts Verlässliches lehrt, gewöhnlich überhaupt nicht ausführbar ist.

Die gebräuchlichen Untersuchungsmethoden für Spinalganglien sind die mechanische Trennung der nervösen Elemente von einander und von den bindegewebigen, und die Anfertigung von feinen Durchschnitten. Erstere Methode kann nur einen kleinen Theil der nervösen Elemente unversehrt darstellen, lässt niemals mit Sicherheit entscheiden, inwieweit dies gelungen ist, und kann nichts über den Faserverlauf im Spinalganglion lehren. Die Durchschnitte der erhärteten Spinalganglien geben nur Segmente der Zellen, Bruchstücke ihrer Fortsätze und sind zur Verfolgung von Fasern auf längere Strecken hier noch weniger als bei den nervösen Centralorganen geeignet.

Eine befriedigende Einsicht in den Bau der Spinalganglien kann man nur auf zwei Wegen erlangen: entweder indem man eine Methode der Zerlegung übt, welche die nervösen Elemente aus den bindegewebigen löst, ohne die Continuität der Nervenfasern und ihren Zusammenhang mit den Nervenzellen aufzuheben, oder indem man ein Object zur Untersuchung wählt, welches vermöge der Anordnung seiner Elemente ohne Zuhilfenahme von Isolation und Durchschneidung seinen Bau in der

Flächenansicht erkennen lässt. Ich will gleich bemerken, dass letztere Bedingung bei den Spinalganglien von Petromyzon nahezu verwirklicht ist.

Es ist nicht meine Absicht, hier die Literatur der Spinalganglien vollständig zu geben. Dies würde erfordern, auch die sympathischen und andere periphere Ganglien zu berücksichtigen, und ich sehe keine Nöthigung, meine Aufgabe so sehr zu erschweren. Ein vollständiges Literaturverzeichniss hätte auch gerade jetzt wenig Werth, wo die Untersuchungen über Spinalganglien sich rasch vermehren. Endlich ist dasselbe kein Bedürfniss, weil in der Nervenlehre von Henle 1871 und den Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes von Axel Key und G. Retzius, zweite Hälfte 1876, ziemlich vollständige Literaturangaben enthalten sind. Ich will bloss solche Angaben aus der Literatur herausheben, die sich auf die drei erwähnten Fragen beziehen: ob alle Fasern der hinteren Wurzel sich mit den Spinalganglienzellen verbinden, ob eine Faservermehrung stattfindet, wie viel Fortsätze und von welchem Verlaufe die Spinalganglienzellen haben.

Es ist bekannt, dass 1847 Robin[1], Bidder und R. Wagner unabhängig von einander fanden, dass in den Spinalganglien der Fische die Zellen bipolar und in die Fasern der hinteren Wurzel eingeschaltet sind.

Über die Wurzelganglien des *Trigeminus* und *Vagus* vom Hecht, welche Spinalganglien gleichgestellt werden können, sagt Bidder:[2]

„Jedenfalls scheint jedoch nur ein kleiner Theil der in den hinteren Wurzeln enthaltenen Fasern diese Verbindungen mit den Kugeln "(Ganglienzellen)„ einzugehen."

---

[1] Polaillon, Études sur la texture des ganglions nerveux périphériques. Journal de l'Anatomie et de la Physiologie publié par Robin, III 1866, nimmt die Priorität dieses Fundes für Robin in Anspruch. Ich kenne die Mittheilung von Robin (Procès-verbaux de la Société philomatique de Paris 1847) nur aus den Citaten der Autoren.

[2] Bidder, Zur Lehre von dem Verhältnisse der Ganglienkörper zu den Nervenfasern 1847. p. 28.

Weit sicherer äusserte sich gleichzeitig Rud. Wagner[1] in entgegengesetztem Sinne:[2]

„Was die Ganglien betrifft, so habe ich in allen Spinalganglien, in den Ganglien der Kiemenzweige des *Vagus*, im grossen Wurzelganglion des *Trigeminus* im Wesentlichen ganz gleiche Verhältnisse gefunden. Überall nämlich, wo eine scharfe Beobachtung möglich ist, tritt jede Primitivfaser in der Nervenwurzel aus den Centraltheilen (Hirn und Rückenmark) an eine Ganglienzelle, und ich halte es für sehr zweifelhaft, ob es überhaupt in den Ganglien einfache, blos durchstreichende Primitivfasern gibt, d. h. solche, die nicht eine Verbindung mit einer Ganglienzelle eingehen."

An anderer Stelle:[3]

„Ein sicheres Ergebniss bei dem Versuche, die Spinalganglien und die ihnen verwandten Wurzelganglien des *Vagus* und *Trigeminus* vollständig in ihre Elementartheile aufzulösen, lässt sich annäherungsweise nur bei den Plagiostomen, unvollkommen bei einigen anderen Fischen erzielen. Hier überzeugt man sich, dass alle Primitivfasern der hinteren Rückenmarkswurzeln ohne Ausnahme sich mit je einer Ganglienzelle combiniren und dass weder apolare noch unipolare Ganglienzellen vorkommen."

Joh. Müller, der sich für diese Frage lebhaft interessirte, nahm auf Grund eigener Untersuchungen für R. Wagner Partei. In den Neurologischen Untersuchungen[4] ist ein Schreiben von J. Müller an Wagner mitgetheilt, in dem es heisst:

„Ich bin hinsichtlich des Baues der Spinalganglien mit Ihnen einverstanden, d. h. ich weiss davon ungefähr so viel, als ich durch Ihre Entdeckungen gelernt habe. Ich habe sie bei Rochen wiederholt untersucht in Helsingör und Nizza und ich bin überzeugt, dass sie aus Ganglienkugeln bestehen, deren jede eine Faser vom Rückenmark empfängt und eine

---

[1] R. Wagner, Neurologische Untersuchungen 1854.

[2] ibid. Neue Untersuchungen über die Elemente der Nervensubstanz 1847. p. 3. Die Beobachtungen Wagner's beziehen sich auf Torpedo.

[3] ibid. Späterer Zusatz. p. 20.

[4] ibid. p. 48.

in den Nerven abgibt, und dass alle Fäden durch sie hindurchgehen.“

Die Untersucher der Spinalganglien höherer Wirbelthiere, welche meist die Spinalganglienzellen ausser Zusammenhang mit dem Centralorgan sein lassen, sind eben darum genöthigt, die vom Rückenmark kommenden Nervenfasern für durchziehende zu erklären. Da ich auf die Anschauungen dieser Autoren bei Gelegenheit der Faservermehrung und der unipolaren Zellen zurückkommen werde, citire ich hier nur Kölliker:[1]

„Der Bau der Spinalganglien ist bei Säugethieren schwer zu erforschen, doch glaube ich Folgendes mit Bestimmtheit über dieselben angeben zu können. Die sensibeln Wurzeln treten, soviel ich bisher habe ermitteln können, in keinen Zusammenhang mit den Ganglienkugeln in dem Ganglion, ziehen vielmehr als ein oder in grossen Ganglien mehrere, selbst viele und dann anastomisirende Bündel einfach durch dieselben hindurch, um unterhalb des Knotens wieder zu einem Stamme sich zu sammeln, der dann gleich mit der motorischen Wurzel sich vermischt.“

Auch gibt Kölliker an, dass er bei Säugethieren einzelne Fasern durch das ganze Ganglion verfolgt hat.[2]

„Die Fasern der Nervenwurzeln zeigen, indem sie durch die Ganglien hindurchsetzen, durchaus nichts Eigenthümliches, nämlich keine Veränderung im Durchmesser; auch Theilungen sah ich durchaus keine und glaube mit Bestimmtheit behaupten zu können, dass solche, wenn überhaupt vorhanden, auf jeden Fall sehr selten sind, da ich, obschon ich speciell nach ihnen forschte und bei Säugethieren viele Nervenfasern durch ganze Ganglien hindurch verfolgen konnte, doch nichts von ihnen bemerkte.“

Die Frage nach der Faservermehrung in den Spinalganglien findet bei den Autoren diejenige Beantwortung, die mit ihren sonstigen Anschauungen über den Bau der Spinalganglien übereinstimmt. Die Untersucher der Spinalganglien der

---

[1] Kölliker, Handbuch der Gewebelehre 1859, p. 327. Fast ebenso: 1867, p. 317.

[2] ibid. p. 328, ebenso 1867, p. 317.

Fische, welche die grosse Mehrzahl oder alle Ganglienzellen für bipolar halten, bestreiten die Faservermehrung, wobei es nicht in Betracht kommt, ob sie durchziehende Fasern anerkennen oder nicht. Dagegen ist für die Spinalganglien der Säugethiere eine Faservermehrung ziemlich allgemein angenommen, weil man unipolare Zellen mit peripher verlaufendem Fortsatz für den wesentlichen Bestandtheil des Spinalganglions hält. So z. B. Schwalbe:[1]

„Die einzig natürliche und durch alle Beobachtungen gestützte Annahme ist die, dass man im Spinalganglion zwei völlig getrennte Fasersysteme zu unterscheiden hat: 1. das System der durchtretenden, sensibeln Fasern, 2. das System der aus den Spinalganglienzellen entspringenden Fasern, die ich nach dem Vorgange von Axmann als gangliospinale bezeichne, und dass letztere sämmtlich in peripherischer Richtung sich den ersteren anschliessen und früher oder später mit ihnen innig mischen zu einem gemeinsamen Nervenstamm.“

„Hiermit haben wir zugleich den Grundriss des Baues sämmtlicher Spinalganglien der Wirbelthiere von den Amphibien an aufwärts gegeben.....“

Schwalbe sieht einen Nachweis der gangliospinalen Fasern darin, dass beim Frosch und bei der Eidechse das Spinalganglion d. h. die Zellenmasse dem Nerven einseitig anliegt:[2]

„Macht man durch ein Spinalganglion des Frosches einen Längsschnitt, so sieht man, wie Fig. 16, Tafel IV zeigt, die Ganglienzellenmasse an der sensibeln Wurzel einseitig anliegen; die Fasern der letzteren ziehen an jener vorbei, und lassen nur hier und da einige versprengte Nervenzellen erkennen.“

Schwalbe suchte auch nach directeren Beweisen für die Faservermehrung. Er fand bei der Eidechse eine eintretende sensible Wurzel 0·149 Mm. breit, während der austretende Stamm beinahe das Doppelte mass, nämlich 0·249 Mm.

Arndt, der die Spinalganglienzellen der höheren Wirbelthiere für mindestens bipolar erklärt, behauptet dennoch eine

---

[1] Schwalbe, Über den Bau der Spinalganglien nebst Bemerkungen über die sympathischen Ganglienzellen. Max Schultze's Archiv, Bd. IV, 1868, p. 53.

[2] ibid. p. 51.

Faservermehrung, indem er beide Fortsätze der Zellen zur Peripherie verlaufen lässt:[1]

„Der Bau eines Spinalganglions würde sich danach aber etwa so machen, dass je nach seiner Grösse an ein oder mehrere Nervenfaserbündel, welche von der Peripherie in die hinteren Wurzeln streben, sich eine Masse von Ganglienkörpern anlagern, die bald zu Läppchen vereinigt, bald in Reihen gelagert oder auch einzeln, einer Menge gleichfalls von der Peripherie aufstrebender Fasern zum scheinbaren Ende beziehungsweise Anfange dienen. Dabei ist indessen nicht ausgeschlossen, dass daneben nicht einzelne wenige solcher Ganglienkörper auch einmal in eine zu den hinteren Wurzeln selbst aufsteigende Faser eingeschaltet sein sollten."

Ich hebe hervor, dass die meisten Autoren die Faservermehrung aus ihren Kenntnissen über die Zellen der Spinalganglien erschliessen. Vergleichende Zählungen der Fasermengen in der Wurzel vor und hinter dem Spinalganglion, die sich auf Nerven vom Frosch und von der Katze beziehen, hat in neuerer Zeit M. Holl[2] angestellt.

„Die vorstehenden Zahlen sprechen deutlich dafür, dass im Ganglion keine Vermehrung der Nervenfasern stattfindet, oder dass doch die Vermehrung im Vergleiche mit der Gesammtsumme eine ausserordentlich geringe ist;....." Er zieht den Schluss, dass man „auch für die nackten Amphibien und die Säugethiere den Satz gelten lassen muss, dass das Wurzelganglion dadurch entsteht, dass die einzelnen Wurzelfasern in ihrem Verlaufe zu Ganglienkugeln anschwellen, welche bipolar sind, das heisst, keine anderweitigen zur Wurzel oder zum Stamm verlaufenden Nervenfasern abgeben. Die Ansicht, dass in den Spinalganglien unipolare oder multipolare Ganglienzellen enthalten seien, welche Nervenfasern zur Peripherie schicken, ist dann als widerlegt anzusehen".[3]

---

[1] Arndt, Untersuchungen über die Ganglienkörper der Spinalganglien. Max Schultze's Archiv, Bd. XI, p. 143.

[2] Holl, Über den Bau der Spinalganglien. Diese Berichte LXXII B. 1875. p. 6.

[3] ibid. p. 6 u. ff.

In welcher Weise sich die Angaben von Holl auch mit einer etwas modificirten Anschauung vom Bau der Spinalganglien vertragen, wird aus dem später Mitzutheilenden hervorgehen.

Es ist im Spinalganglion noch eine andere Art der Faservermehrung denkbar, die nicht von den Zellen abhängt. Es kann eine Faservermehrung zu Stande kommen durch Theilungen von Nervenfasern, die nicht Fortsätze der Spinalganglienzellen sind. Die Möglichkeit dieses Ursprungs der Faservermehrung finde ich hervorgehoben bei Schramm:[1]

„Den Ursprung von Fasern in den Ganglien läugnete Valentin Anfangs, musste aber diese Ansicht nach den Untersuchungen Kölliker's, Bidder's und Volkmann's aufgeben. Haben letztere durch Zählungen auch nachgewiesen, dass die Summe der austretenden Fasern grösser ist, als die der eintretenden, so war doch hiemit kein Beweis gegeben, dass ein Theil der Fasern im Ganglion selbst ihren Ursprung nimmt, da ja die grössere Faseranzahl einfach durch im Inneren des Ganglion erfolgte Theilungen veranlasst sein konnte."

Es ist schon mehrmals von Fasertheilungen in den Spinalganglien berichtet worden, ohne die Beziehung derselben zur Faservermehrung hervorzuheben. R. Wagner[2] glaubt solche Theilungen innerhalb einzelner Ganglien gesehen zu haben. Kölliker[3] fand sie nicht, wohl aber Remak:[4]

„Andererseits finde ich in den Spinalganglien der Säugethiere (des Rindes) nicht selten Theilungen dunkelrandiger Nervenfasern, die ich bei Plagiostomen vermisse."

Sigm. Mayer:[5]

---

[1] Schramm, Neue Untersuchungen über den Bau der Spinalganglien. Würzburg 1864, p. 6.

[2] l. c. p. 11.

[3] l. c.

[4] Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der k. preussischen Akademie zu Berlin. Aus dem Jahre 1854. Remak, Über multipolare Ganglienzellen, p. 28.

[5] Sigm. Mayer, Die periphere Nervenzelle und das sympathische Nervensystem. Archiv für Psychiatrie, Bd. 6, 1876, p. 433.

„Doch muss ich bemerken, dass ich aus den Spinalganglien von Rana solche Theilungen unzweifelhafter Weise an isolirten Nervenfasern, die mit Überosmiumsäure tingirt waren, beobachtet habe.“

Die später zu erwähnenden Fasertheilungen, die mehrere Beobachter, darunter Ranvier, in den Spinalganglien auffanden, haben mit der Faservermehrung nichts zu thun.

Worüber die Angaben der Untersucher am zahlreichsten sind und demnach die Widersprüche am häufigsten, das sind die Fortsätze der Zellen. Ich will, da gerade über diesen Punkt alle Arbeiten über Spinalganglien reichliche Citate führen, mich darauf beschränken, einige Punkte in gedrängter Kürze durch die Literatur zu verfolgen.

Eine Gruppe von Autoren ist der Ansicht, dass auch in den Spinalganglien höherer Wirbelthiere die bipolaren Zellen die wesentlichen Bestandtheile sind, und sie läugnen entweder unipolare Zellen ganz oder legen doch keinen Werth auf ihr mögliches Vorkommen.

So behauptet Beale:[1]

„That there are no apolar cells and no unipolar cells in any part of any nervous system.“

Diese Autoren haben natürlich durch Zerzupfung der Spinalganglien eine grosse Menge unipolarer Zellen dargestellt, aber sie halten dieselben sammt und sonders für verstümmelt und behaupten, dass die vorsichtigste Isolation der Nerzenzellen keine Sicherheit bietet, alle ihre Ausläufer zu erhalten. Dasselbe Raisonnement müssen sie aber auch auf die von ihnen dargestellten anscheinend bipolaren Zellen anwenden, und sie sagen daher, die Spinalganglien enthalten Zellen mit mindestens zwei, vielleicht aber mit mehr Fortsätzen. So Beale in den Conclusions seiner auch auf Spinalganglien bezüglichen Abhandlung:[2]

„That apolar and unipolar nerve-cells do not exist, but that all nerve-cells have at least two fibres in connexion with them.“

---

[1] On the structure and formation of the so-called apolar, unipolar and bipolar nerve-cells of the Frog. By Lionel Beale. Philosophical Transactions. 1863, p. 544.

[2] l. c. p. 568.

Arndt:[1] „Nach meiner Meinung sind die spinalen Ganglienkörper zum Wenigsten bipolar“.

Ferner:[2] „Die ausgesprochenste Bipolarität spinaler Ganglienkörper, die für die Fische von Rudolph Wagner und Bidder schon längst erwiesen, halte ich somit für alle Thierclassen als ausgemacht. Ich halte es für beinahe ebenso unzweifelhaft, dass auch etliche dieser Ganglienkörper multipolar sind; allein gibt es auch unipolare?“

Polaillon,[3] dessen Abhandlung zu viel vom Charakter einer Compilation hat, kommt zu ähnlichem Schlusse:

„L'observation aidée des réactifs, surtout du suc gastrique me fait tendre de plus en plus à rejeter l'existence des cellules apolaires, et me donne la conviction, qu'elles ont toutes deux ou plusieurs pôles, quoique je ne sois pas en mesure, de nier d'une manière absolue les cellules unipolaires.“

Wenn hier von multipolaren Zellen die Rede war, so ist es vielleicht nicht überflüssig aufmerksam zu machen, dass es sich um verhältnissmässig fortsatzarme Elemente handelt, deren Ausläufer keine oder sehr geringe Neigung zur Verästelung zeigen. Eine solche Zelle hat z. B. Leydig[4] unter den bipolaren Elementen im Ganglion *Trigemini* von Chimaera gefunden, eine andere Stannius[5] abgebildet. Mit den multipolaren Zellen des Centralorgans, deren Schema Deiters fixirt hat, scheinen sie wenig gemein zu haben.

Über den Verlauf der Fortsätze bipolarer Zellen sind die Autoren, welche für die Bipolarität eintreten, nicht einig. Für die Spinalganglien der Fische zwar war es den Autoren nicht zweifelhaft, dass beide Fortsätze entgegengesetzte Richtung verfolgen, denn sie lagen, der eine in der Verlängerung des anderen, und die Ganglienzelle erschien als Anschwellung der geradgestreckten Nervenfaser. Die viel selteneren Bilder, wo die

---

[1] l. c. p. 147.

[2] l. c. p. 148.

[3] l. c. p. 252.

[4] Leydig, Zur Anatomie und Histologie der Chimaera monstrosa. Müller's Archiv 1851. p, 244. Abbildung Tafel X, Fig. 4.

[5] Stannius, Das periphere Nervensystem der Fische 1849, Taf. IV, Fig. 11.

Fortsätze einen Winkel mit einander einschlossen, oder gar parallel verliefen, wurden durch die häufigeren erläutert.

In den Spinalganglien der Säugethiere sind die letzteren Bilder die häufigeren und ihre Deutung ist eine verschiedene gewesen.

Beale behauptet, dass von allen bipolaren Zellen die Fortsätze nach kürzerem oder längerem Verlauf entgegengesetzte Richtung annehmen[1].

„But I would state, that I have not succeeded in finding ganglia from which fibres proceed in one direction only: and that I may not be misunderstood upon this point, let me say that I have never seen a ganglion, in connexion with the nervous system of any creature, the fibres of which proceed in but one direction only, as is now believed to be the case by many observers. From every ganglion I have ever seen, fibres proceed to their destinations in at least two different directions;....."

Arndt[2] dagegen lässt die Fortsätze seiner bipolaren Zellen beide zur Peripherie verlaufen und zur Faservermehrung beitragen:

„Die beiden in Rede stehenden Fortsätze verlaufen, und unter den zuletzt erwähnten Umständen kann es ja gar nicht anders sein, in der Regel nach ein und derselben Richtung d. i. peripher. Hie und da kommt aber auch einmal ein entgegengesetztes Verhalten zur Beobachtung und die beiden Fortsätze gehen diametral auseinander."

Eine grössere Anzahl von Autoren anerkennt die unipolaren Zellen als unversehrte Bestandtheile des Nervensystems.

Gewöhnlich geben sie daneben die Existenz von bipolaren und selbst von multipolaren Zellen zu, erklären sie aber für selten und wissen sie offenbar nicht in ihre Vorstellungen vom Bau der Spinalganglien hineinzupassen. Die einzigen Fortsätze der unipolaren Zellen lassen sie peripher verlaufen und nehmen am Vorhandensein von Nervenbahnen, die ausser Zusammenhang mit dem Centralorgan sind, keinen Anstoss.

---

[1] l. c. p. 560.

[2] l. c. p. 150.

So Axmann:[1] „In der Regel entspringt von einer Ganglienkugel nur eine Nervenprimitivröhre, doch gibt es auch Ausnahmen, so dass bisweilen auch zwei Röhren mit einer Ganglienkugel zusammenhängen.“

Und über den Verlauf der Fortsätze :[2] „Der kleinere Theil der in jedem Spinalganglion neu entstandenen Ganglienröhrenbündel tritt durch die Wurzeln der cerebrospinalen Nerven in das Rückenmark und das Gehirn.“

Ferner:[3] „Ein grosser Theil der in jedem Spinalganglion neu entstandenen Gangliennerven-Röhrenbündel tritt in peripherischer Richtung (in welcher die cerebrospinalen Nervenröhren verlaufen) aus dem Ganglion heraus.....“

Axmann anerkennt also auch unipolare Zellen mit central gerichtetem Fortsatz.

Kölliker:[4] „Die Ganglienkugeln selbst stehen, wie es scheint, die meisten mit Nervenfasern in Verbindung, entweder so, dass nur Eine Nervenfaser von ihnen abtritt oder indem sie zwei solchen oder sehr selten noch mehreren den Ursprung geben. Diese Fasern, die ich Ganglienfasern nenne, gehen in überwiegender Mehrzahl, vielleicht alle peripherisch, schliessen sich an die durchtretenden Wurzelfasern an und verstärken dieselben, so dass mithin jedes Ganglion als Quelle neuer Nervenfasern anzusehen ist.“

Von den bipolaren Zellen vermuthet Kölliker, dass sie später durch Theilung in unipolare übergehen.[5]

Courvoisier[6] erklärt die Spinalganglienzellen für unipolar.

---

[1] Axmann, Beiträge zur mikroskopischen Anatomie und Physiologie des Gangliennervensystems. Berlin 1853 (in welcher Schrift die 1847 erschienene Dissertation von Axmann De Gangliorum structura penitiori eiusque functionibus in Übersetzung enthalten ist), p. 33.

[2] l. c. p. 41.

[3] l. c. p. 42

[4] l. c. p. 327.

[5] l. c. p. 330.

[6] Courvoisier, Über die Zellen der Spinalganglien, sowie des Sympathicus beim Frosch. Max Schultze's Archiv. Bd. IV.

Schramm:[1] „Im Allgemeinen kann ich behaupten, dass je vollständiger die Theile sich isolirt hatten, desto mehr die fortsatztragenden Zellen die apolaren überwogen. Von ersteren waren wieder die unipolaren vorherrschend, während die bipolaren noch an Zahl von den apolaren übertroffen wurden."

Fräntzel[2] sah nur unipolare Zellen.

Nach Thanhoffer[3] sind die Zellen uni-, bi- und multipolar.

Nach allen diesen Untersuchungen schien ein scharfer Unterschied zwischen den unipolaren und den bipolaren Zellen der Spinalganglien zu bestehen. Die Anzahl der verschiedenen Meinungen wurde noch vermehrt durch eine Entdeckung von Ranvier.

Ranvier fand an Spinalganglien des Kaninchens, die er nach Injection von 2% Überosmiumsäure der Zerzupfung unterworfen hatte, dass der Fortsatz einer unipolaren Zelle mit einer Nervenfaser der hinteren Wurzel verschmilzt, wie der Längsbalken eines T mit dessen Querbalken:[4]

„En effet, grâce à la méthode que j'ai indiquée tout d'abord, j'ai pu voir un tube nerveux mince, à l'une des extrémités duquel se trouvait une cellule nerveuse, se terminer par son autre extrémité à un des tubes de la racine sensitive. Ce dernier poursuit simplement son trajet rectiligne et il reçoit, au niveau d'un étranglement annulaire, la fibre venant de la cellule ganglionnaire. Dans cet étranglement, qui est commun à trois segments interannulaires, la soudure est complète entre les deux tubes nerveux qui présentent dans leurs rapports une disposition en T."

Da der Fortsatz der unipolaren Zelle in der Regel feiner gefunden wird, als die aus der Wurzel kommende Nervenfaser,

---

[1] l. c. p. 10.

[2] Fräntzel, Beiträge zur Kenntniss von der Structur der spinalen und sympathischen Ganglienzellen. Virchow's Archiv, Bd. 38, 1867.

[3] Thanhoffer. Zur Structur der Ganglienzellen der Intervertebralknoten. Sitzb. d. k. ungarischen Akad. d. Wissenschaften VII. B, 1876.

[4] Ranvier, Des tubes nerveux en T et de leurs relations avec les cellules ganglionnaires. Comptes rendus T. 81. 1875, p. 1274.

manchmal jedoch zwischen den drei Schenkeln der T-förmigen Bildung kein Unterschied der Dicke besteht, so nahm Ranvier an, dass die in den sensibeln Nerven einmündende Faser sich oft aus den Fortsätzen mehrerer Ganglienzellen zusammensetzt.

Ranvier gibt ferner an, dass man bei der Zerzupfung eines Spinalganglions so viele T-Stellen findet, dass es wohl wahrscheinlich wird, dass alle oder fast alle Ganglienzellen diese Verbindungen mit Fasern der hinteren Wurzeln eingehen.

Key uud Retzius,[1] die stets nur unipolare Zellen aus den Spinalganglien der höheren Wirbelthiere und des Menschen isoliren konnten, bestätigen Ranvier's Angaben, bilden eine Ranvier'sche Zelle aus dem Ganglion Gasseri des Kaninchens ab,[2] finden sie aber nicht sehr häufig.[3]

„Ob nun alle vom Gehirn-Rückenmark kommenden Nervenfasern der sensorischen Wurzeln Ausläufer in dieser Weise aufnehmen, können wir ebenso wenig wie Ranvier angeben; uns scheint indessen die nicht sehr grosse Zahl von solchen T-Stellen dagegen zu sprechen".

Ferner:[4] „Hier sei indessen bemerkt, dass die Einmündungsstelle besonders oft nicht ganz ein T bildet, sondern zwei Arme desselben in den dritten einmünden, in der Weise wie die Fig. 12*a* angibt".

Die Figur, auf die verwiesen wird, zeigt eine Nervenfaser, welche sich gabelig theilt. Auch die in Fig. 12 dargestellte Nervenzelle zeigt eine gabelige, keine T-förmige Theilung ihres Fortsatzes.

Dass der Fortsatz einer unipolaren Zelle sich theilt, hat 1851 Stannius beobachtet.[5]

„In einem Spinalganglion eines 7monatlichen Fötus, das in einer Auflösung von chromsaurem Kali gelegen hatte,

---

[1] Axel Key und G. Retzius, Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes. Zweite Hälfte. Stockholm 1876.

[2] Tafel 3, Fig. 12. ibid.

[3] ibid. p. 39.

[4] ibid. p. 39.

[5] Stannius, Neurologische Erfahrungen. Göttinger Nachrichten 1851, Nr. 17, p. 235.

erschienen die meisten Ganglienkörper unipolar, manche apolar. Es wurden drei bipolare Ganglienkörper beobachtet; ferner auch die Theilung des Fortsatzes eines unipolaren Körpers in zwei Schenkel".

Ferner:[1] „In einem Spinalganglion eines fast ausgetragenen Kalbsfötus, das gleichfalls in einer Auflösung von chromsaurem Kali gelegen hatte, wurden, neben unipolaren und apolaren Ganglienkörpern, zahlreiche bipolare angetroffen. Die Pole traten nicht von zwei einander gegenüberliegenden Punkten der Ganglienkugel, sondern ziemlich nahe aneinander gedrängt, von ihr ab. — An demselben Ganglion kamen drei Fälle vor von Theilung des Fortsatzes eines unipolaren Körpers in zwei Schenkel".

R. Wagner[2] hat ähnliche Beobachtungen gemacht. Er fand übereinstimmend mit Remak im Ganglion Gasseri und in den Spinalganglien, niemals multipolare Ganglienzellen, wohl aber nicht selten einzelne, wo der eine Pol in einen kurzen einfachen Fortsatz auslief, der sich bald in zwei Äste (offenbar Faseranfänge), einen dünneren und einen dickeren theilte.

Remak[3] hat diese Theilungen vermuthet und Leydig[4] auf diese Vermuthung Remak's seine Darstellung des Baues der Spinalganglien gegründet.

Remak: „Noch häufiger sieht man, wie Herr Kölliker hervorhebt, Zellen mit einem einfachen Fortsatze; wahrscheinlich theilt sich derselbe nach kurzem Verlauf in zwei Fasern. Mindestens finde ich in den Spinalganglien der Säugethiere (des Rindes) nicht selten Theilungen dunkelrandiger Nervenfasern, die ich bei Plagiostomen vermisse".

Leydig: „Die wesentliche Substanz des Ganglions sind Ganglienzellen und Nervenfibrillen. Es zeigt sich nach den neueren Untersuchungen von Remak, dass die Ganglien in Anbetracht der Beschaffenheit ihrer Nervenzellen von verschiedener

---

[1] ibid. p. 236.

[2] R. Wagner, Neurologische Untersuchungen. 1854, p. 184.

[3] Remak, Über multipolare Ganglienzellen. Berliner Berichte 1854. p. 28.

[4] Leydig, Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere 1857. p. 171.

Natur sind, die einen nämlich, zu denen die Spinalganglien, sowie die Ganglien des *Trigeminus* und *Vagus* gehören, haben nur unipolare und bipolare Ganglienzellen, sie erscheinen unipolar dadurch, dass die beiden Fortsätze dicht nebeneinander entspringen, oder sich der eine Fortsatz nach kurzem Verlauf theilt.“

Theilungen des Fortsatzes der unipolaren Zelle beschreibt als Regel Schramm:[1]

„Mit wenigen Ausnahmen theilten sich alle Fortsätze nach kürzerem oder längerem Verlauf. Der eine Ast übertraf bisweilen den anderen um das Doppelte an Breite. Der Fortsatz der unipolaren Zellen ging fast nur dichotomische Theilungen ein, von beiden Theilungsästen verästelte sich der andere nochmals in derselben Weise.“

Küttner[2] fand, dass der Fortsatz der für unipolar gehaltenen Zellen des Sympathicus sich in der Regel theilt. Er lässt beide Theilungsäste nach derselben Richtung verlaufen:

„Hic enim globulus lagenae ad instar unam partem versus extenuatus ramulum format, in quo ne minimum quidem fibrae sympathicae, qualis in ulteriore decursu deprehenditur, indicium offeratur. (vide tab. I, Fig. 5 et 6*b*.) ....Decursu per brevius longiusve spatium continuato, ramus in duas partes diffinditur, qui ramuli demum fibrae sympathicae exsistunt, semper, quantum mihi persequi licebat, ad eandem directionem tendentes (vide tab. I, Fig. 5 et 6*c*). Haec ratio, ubicunque nobis contigerit, ut globulum gangliorum e majore globulorum multitudine sejungamus, luculentissime appareret, unde sequitur, re vera tum propter ramum illum unum, tum ob ramulorum duorum decursum, si quidem vocabulo poli directionem significaverimus, globulos unipolares esse.“

Das Wesentliche aller dieser Beobachtungen scheint mir zu sein, dass die Kluft zwischen uni- und bipolaren Zellen nun ausgefüllt ist, indem Zellen nachgewiesen sind, welche nur einen Fortsatz entsenden, aber dennoch mit Peripherie und Centrum in Verbindung stehen, wie die bipolaren und weder eine Faser-

---

[1] l. c. p. 11.

[2] Küttner, De origine nervi sympathici ranarum. Diss. 1854, p. 13.

vermehrung bedingen, noch eine Sackgasse für die Nervenleitung darstellen. Da auch die unipolaren Zellen des Sympathicus zu bipolaren geworden sind, indem die sogenannte Spiralfaser, welche sich um die gerade Faser windet, von den meisten Autoren mit gutem Grund als nervöser Fortsatz anerkannt wird, scheint mir eigentlich den unipolaren Zellen im Sinne der alten Histologie der Boden entzogen zu sein.

Über den Bau der Spinalganglien von Petromyzon, denen meine Untersuchungen gelten, finde ich in der Literatur folgende Angaben, die sich zumeist auf die leichter zu untersuchenden Ganglien einiger Hirnnerven beziehen.

Bei Stannius[1] mehrere Angaben, dass die Spinalganglienzellen bipolar sind, ihr centraler Fortsatz schwächer als ihr pheripherer ist.

Ähnliche Angaben bei Kutschin[2] in Stieda's Referat:

„Ferner betheiligen sich am Aufbau der obern Wurzel die Spinalganglien, welche ziemlich nahe am Rückenmark liegen und aus Zellen bestehen, welche zwei Fortsätze haben und den Zellen der Centralgruppe ähnlich sind."

Bei Langerhans[3]: „Behandelt man ein Neunauge in der angegebenen Weise mit Salpetersäure, so kann man leicht die Ganglien der Kopfnerven wie die der spinalen isoliren. Durch Klopfen mit Glasstab oder Finger zerfallen sie in ihre einzelnen Zellen, am leichtesten das grosse Ganglion des Quintus; weniger leicht die übrigen. Die Isolationen, welche man so erhält, sind vorzüglich. Die beiden Ausläufer der Ganglienzellen sind meist erhalten und zuweilen in einer Ausdehnung, die den Durchmesser der Zelle um mehr als das Zwanzigfache übertrifft. Die Zellen sind von verschiedener Grösse: neben den grossen Elementen kommen bedeutend kleinere vor. Die Ausläufer entspringen meist genau polar entgegengesetzt. Aber bei anderen Zellen, namentlich

---

[1] Stannius, Das periphere Nervensystem der Fische, 1849, p. 146 u. ff. und Göttinger Nachrichten 1851, Nr. 17.

[2] In Stieda's Referaten aus der russischen Literatur. Max Schultze's Archiv II. 1866, p. 529.

[3] Langerhans, Untersuchungen über Petromyzon Planeri. Freiburg 1873, p. 99 u. f.

denen, welche die von Auerbach sogenannte opponirte Stellung zeigten, rückten sie näher aneinander, so dass der Zellkörper dem einheitlichen Nerven gleichsam aufsitzt. In allen Fällen aber zeigen beide Fortsätze einen vollkommen durchgreifenden Unterschied: Der eine (Taf. IX, Fig. 4*a*) ist schmal, wenig gekörnt und scheint sich nur, so zu sagen, an den Leib der Zelle zu inseriren; der andere aber (Fig. 4*b*) ist bedeutend breiter, stärker gekörnt, er erscheint als directe Fortsetzung des Zellleibes. Dabei werden beide ebenso wie die Zelle selbst von der bekannten endothelialen Scheide gleichmässig überzogen. Von den Fortsätzen nun ist der schmale derjenige, welcher vom Centralnervensystem kommt. Der breite ist nach der Peripherie zu gerichtet. Eine Verästelung kommt in der Nähe der Zellen bei keinem von beiden Ausläufern vor.“

„Dies Verhältniss gilt für sämmtliche an Hirn- und Rückenmarksnerven liegende Ganglienzellen. Es entspricht dem Verhalten nervöser Zellen zwar nicht der Spinalnerven der höheren Vertebraten, sondern der äusseren Körner der retina und zwingt uns jedenfalls in der Ganglienzelle mehr zu suchen, als einen Knotenpunkt von Fibrillenbündeln.“

Die Angabe, dass die centralen Fortsätze feiner sind als die peripheren, findet sich auch bei Key und Retzius.[1] Diese Autoren untersuchten das *Ganglion trigemini*.

„....und je mehr wir untersuchten, desto mehr überzeugten wir uns, dass die Zellen in der Regel wirklich bipolar seien, ohne ganz verneinen zu wollen, dass hier auch unipolare Zellen vorkommen können. Hierdurch ist man gleichwohl nicht berechtigt, Rückschlüsse auf die Verhältnisse bei anderen Fischen oder Thieren zu ziehen, da ja der Petromyzon und dessen Verwandte in vielen Beziehungen Eigenthümlichkeiten im Bau ihres Nervensystems zeigen. Wir erinnern in dieser Hinsicht nur an das Fehlen des Myelins in den Nerven, an die mangelhafte Entwicklung des sympathischen Nervensystems, in dessen Ganglien“ bei anderen Thieren die Zellen ja bi- oder multipolar sind u. s. w.[2]

---

[1] l. c. p. 42.

[2] l. c. p. 44.

II. Methode der Untersuchung.

Die Spinalganglien des Petromyzon sind zu klein, um mit dem anatomischen Messer präparirt zu werden. Joh. Müller[1] konnte ein Ganglion nur am vordersten Spinalnerven darstellen; spätere Untersucher, welche Querschnitte durch das ganze Thier der mikroskopischen Untersuchung unterzogen, gaben an, dass dieselben in keiner Gegend des Thieres fehlen.[2]

Da der Vortheil, den die Spinalganglien von Petromyzon der Untersuchung bieten, darin besteht, dass sie eine leicht zu übersehende Anzahl von Elementen in flächenhafter Anordnung enthalten, kommt Alles darauf an, sich diese Flächenansicht der Spinalganglien zu verschaffen. Man muss dabei die volle Sicherheit haben, die Spinalganglien unversehrt zu erhalten. Endlich bedarf es einer guten Färbung, um die nervösen Elemente vor den anderen hervortreten zu lassen. Es wäre auch wünschenswerth, die letzteren zu zerstören, ohne die ersteren dabei zu beschädigen.

Allen diesen Anforderungen genügt in hohem Grade die Methode, deren ich mich zur Untersuchung bedient habe. Sie besteht darin, ein frisches Stück des Thieres in Goldchlorid zu färben, in einer salzsäurehaltigen Mischung, die weder die Goldfärbung noch die Nervenelemente zerstört, zu maceriren, und dann durch Zerzupfung unter der Lupe die bindegewebigen Platten, auf denen die Spinalganglien liegen, zu isoliren.

Ich kann nicht umhin, meine Methode in detaillirter Weise auseinander zu setzen, wenn ihre Mittheilung überhaupt einen Werth haben soll.

Vorerst Etwas über das Material zur Untersuchung. Ich habe zur Goldfärbung bloss Ammocoetes und Petromyzon verwendet, welche entweder ganz frisch oder nicht länger als einige Stunden todt waren. Da Goldchlorid nicht in tiefe Schichten thierischen Gewebes eindringt, sondern seine weitere Einwirkung durch die bereits imprägnirten Schichten selbst gehindert wird, ist es nothwendig, keine zu dicken Stücke einzulegen.

---

[1] Joh. Müller, Vergleichende Neurologie der Myxinoiden. Abhandlungen der Berliner Akademie. 1838. p. 197.

[2] Vergl. Langerhans, l. c. p. 98.

Es empfiehlt sich auch, die zur Untersuchung ausgewählten Stücke vorher zu enthäuten. Am günstigsten für diese Behandlung ist immer das Schwanzende des Thieres, welches, da es seitlich comprimirt ist und nur eine dünne Muskelschicht trägt, dem Reagens eine verhältnissmässig grosse Oberfläche bietet.

Durch die dicken Muskellagen, welche den Leib des Petromyzon in anderen Regionen bedecken, dringt das Goldchlorid gewöhnlich nicht durch und die das Skelet umgebenden Gewebsschichten, in denen die Spinalganglien liegen, bleiben gewöhnlich ungefärbt. Dies ist einer von den Gründen, wesshalb sich meine Untersuchungen hauptsächlich auf die Spinalganglien des Schwanzes beziehen.

Ich suchte diese Beschränkung auf verschiedenen Wegen zu überwinden, aber mit geringem Erfolg. Zuerst versuchte ich die Methode an sehr kleinen Thieren, bei denen die geringere Dicke der Leibeswandungen eine vollständigere Durchtränkung mit Goldchlorid zu begünstigen versprach. Aber ich fand, dass für diese Methode der histologischen Untersuchung, wie für jede andere, die kleinen und sehr jungen Ammocoetes ein ungünstigeres Object sind als die grossen Ammocoetes und der Petromyzon. Zellen und Fasern zeigten sich stark verändert bei derselben Behandlung, die mir von den Elementen grösserer Exemplare anscheinend unveränderte Bilder lieferte.

Ich versuchte auch bei grösseren Ammocoetes die Musculatur zu entfernen, bevor ich die Stücke in Goldchlorid einlegte. Es gelingt nicht schwer, wenn man einen queren Einschnitt in die Leibeswandung gemacht hat, die Muskeldecke vom Spalt an mit der Pincette in längeren Streifen zu entfernen und so das die Chorda umgebende Gewebe der Einwirkung des Reagens freizulegen. Aber bei diesem Abreissen der Muskeldecke gehen oft die Spinalganglien mit, und wenn sie zurückgeblieben sind, so ist die Wirkung der salzsäurehältigen Macerationsflüssigkeit auf das freiliegende Bindegewebe um die Chorda eine so starke, dass man die Spinalganglien nach der Maceration gewöhnlich nicht auffinden kann.

Ich habe daran gedacht, die Umgebung der Spinalganglien von innen her freizulegen. Zu diesem Zweck schneidet man ein Thier median auf, entfernt die Eingeweide, macht irgendwo einen

queren Schnitt durch die Chorda und kann nun die Schnittenden fassen und die beiden Stücke der Chorda mit der Pincette vollständig herausreissen. Die Hüllen des Rückenmarkes liegen dann frei und es sind die Spinalganglien für das Goldchlorid leicht zu erreichen. Doch treten bei dieser Behandlung andere Übelstände auf. Das Präparat, welches aus dem das Rückenmark enthaltenden Mittelstück und den seitlichen Rumpfwandungen besteht, rollt sich in Goldchlorid derart zusammen, dass die Gegend der Spinalganglien ungefärbt bleibt. Man muss da entweder die seitlichen Rumpfwandungen gänzlich wegschneiden oder das Präparat auf eine Korkplatte aufstecken und durch Auftropfen von Goldchlorid vergolden.

Es gibt noch ein anderes ernstliches Hinderniss für die Isolation der Spinalganglien des Rumpfes. Über dem Rückenmark bildet die fibröse Scheide, die das Rückenmark einschliesst, einen Kanal von dreieckigem Querschnitt, welcher mit sehr stark fettig infiltrirten Zellen gefüllt ist. Diese Zellenmasse (Fettzellgewebe bei Joh. Müller[1]) wird beiderseits von der Rückenmusculatur bedeckt, die Spinalganglien und der *Nervus lateralis* liegen ihr enge an und lassen sich auch nicht durch Salzsäuremaceration von ihr trennen.

Im Schwanz von Petromyzon ist diese Fettzellenmasse sehr reducirt und fehlt weiter unten gänzlich. Dies ist ein Umstand mehr, der die Untersuchung der Spinalganglien des Schwanzes erleichtert.

Die Goldchloridlösung nahm ich $^1/_2\%$ oder $^1/_4\%$ stark. In $^1/_2\%$ Lösung blieb das Präparat $^1/_2$—$^3/_4$ Stunden, in 1%iger $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde liegen. Die Anwendung von $^1/_4\%$ Lösung gab mir bessere Resultate. Aus Goldchlorid übertrug ich das Präparat in Reductionsflüssigkeit nach Pritchard, deren Zusammensetzung 1 Ameisensäure, 1 Amylalkohol auf 100 Wasser ist, und liess es 24 Stunden am Licht darin. Diese Reductionsflüssigkeit that ihre Schuldigkeit auch an trüben Tagen. Nach 24 Stunden war das Präparat gewöhnlich schon dunkelpurpurroth gefärbt, die Flüssigkeit war himbeerfarben geworden. Wenn manch-

---

[1] Joh. Müller, Vergleichende Anatomie der Myxinoiden, I. Theil. Abhandlungen der Berliner Akademie, 1834, p. 90.

mal das Präparat nach 24 Stunden bloss ein wenig blauviolett geworden war, so reichten doch weitere 24 Stunden in derselben oder in frischer Reductionsflüssigkeit hin, eine gute Färbung zu Stande zu bringen.

Die Maceration der vergoldeten Präparate geschah in der von Königstein[1] zur Isolation der Hornhautnerven und Körperchen angewendeten Mischung, die 1 Theil rauchender Salzsäure auf 1 Theil Wasser und Glycerin enthält. Der Zusatz von Glycerin ist nothwendig, um die Brüchigkeit nach Salzsäuremaceration zu verhüten. Ich bediente mich gewöhnlich einer Mischung im Verhältniss: Salzsäure 50, Wasser 35, Glycerin 15.

Nach 24stündiger Maceration, durch die das Präparat dunkler geworden und sich stark verkleinert hat, überträgt man es vorsichtig in Glycerin, indem man es mit einem Löffel heraushebt oder einen Objectträger darunter schiebt. Erst nach 24stündigem Liegen in reinem Glycerin ist es zur Untersuchung geeignet. Lässt man es länger in Glycerin, so wird es leicht zu weich. Bei der Maceration wird gewöhnlich die Schwanzspitze zu stark gelockert, so dass ihre Muskelplatten sich schon in der Macerationsflüssigkeit von einander lösen. Man thut darum gut, dieselbe vom übrigen Präparat zu trennen und für sich in einer geringeren Menge von Flüssigkeit zu maceriren.

Von dem Präparate, das 24 Stunden in Glycerin gelegen hat, schneidet man Segmente ab und bringt sie zur Zerzupfung unter die Lupe.

Zerzupfung ist übrigens nicht die richtige Bezeichnung für die Manipulation, die die Spinalganglien selbst nicht verletzen darf. Wenn man die Chorda nicht vor der Vergoldung aus dem Präparate entfernt hat, so braucht man nur mit zwei Nadeln eine der Muskelplatten nach der andern abzureissen, bis Rückenmark und Chordascheide auf einer Seite freigelegt sind. Man zieht dann auf dieselbe Weise die Muskelplatten der andern Seite hervor und hat dann vom Präparat bloss Rückenmark und Chorda übrig. Die Masse der Chordazellen kann man leicht aus der Scheide hervorziehen und sieht dann die Spinalganglien

---

[1] Königstein, Das Verhältniss der Nerven zu den Hornhautkörperchen. Diese Berichte LXXI. Bd. 1875.

einerseits im Zusammenhang mit dem Rückenmark, anderseits mit dem ventralen Ast der hinteren Wurzel, welcher über die Chordascheide verläuft. Wenn es gelingt, die zusammengelegte Chordascheide an ihrem ventralen Rande zu zerreissen, kann man sie ausbreiten und dann auch die Spinalganglien der andern Seite freilegen. Auf diese Weise habe ich meine schönsten Präparate erhalten. Es ist daher zu empfehlen, die Chorda vor der Vergoldung nicht zu entfernen, wenn man aufeinanderfolgende oder symmetrische Spinalganglien oder den Verlauf des ventralen Astes der hinteren Wurzel und das denselben begleitende Gefäss verfolgen will. Figur 1 und 2, Tafel IV, stellen Präparate dar, die auf diese Weise erhalten wurden.

Hat man aber vor der Vergoldung die Chorda entfernt, so bleiben die Spinalganglien sammt der vom Rückenmark abgerissenen Wurzel und den Anfangsstücken ihrer beiden Äste an den Muskelplatten. Diese isoliren sich in grösseren Packeten, die an einem Ende frei sind, am anderen Ende eine bindegewebige Platte, das Intermuscularligament, an das sich alle einzelnen Muskelplatten inseriren, tragen. Auf diesen bindegewebigen Platten liegen die Spinalganglien; man muss eine Muskelplatte nach der andern vom Ligament abreissen, was nach 24stündigem Liegen in Glycerin keine Schwierigkeit hat, um das Spinalganglion freizulegen. Man erkennt die Spinalganglien als Anhäufungen von stark glänzenden rothen Körnchen schon unter der Lupe, entfernt vom Objectträger die isolirten Muskelplatten und andere Gewebsstücke und bringt die isolirten Spinalganglien unter das Mikroskop. Die Präparate, die man so erhält, sind für die Erkenntniss des Spinalganglions günstiger als die früher besprochenen, bei denen die Spinalganglien auf der Chordascheide liegen. Wurzel und Äste sind aber kurz abgerissen. Alle übrigen Spinalganglien, die ich abgebildet habe, waren auf Zwischenmuskelplatten isolirt.

Es ist nicht leicht, sich eine Vorstellung von der Lage der Spinalganglien zu machen, wenn man mit den Verhältnissen der Musculatur des Petromyzon nicht genau bekannt ist. Ich verweise in Betreff der interessanten Anordnung der Muskelplatten auf die Darstellung bei J. Müller[1] und Langer-

[1] J. Müller, Myologie der Myxinoiden, l. c. p. 243 u. ff.

hans[1] und will hier die Beschreibung, die Stannius[2] von diesen Verhältnissen gibt, citiren;

„Was die Muskelmasse des Rumpfes anbetrifft, so wird dieselbe bekanntlich von schiefen Intermuscularbändern durchsetzt und in so viele Abtheilungen gesondert, als dergleichen Bänder vorhanden sind. Diese Ligamenta erstrecken sich durch die Muskelmasse, indem sie von deren äusserer Oberfläche sehr schräg nach innen d. h. nach der Wirbelsäule und nach der Begränzung der Bauchhöhle hin gerichtete Scheidewände bilden. Auf senkrechten Querdurchschnitten des Rumpfes sieht man daher immer die Durchschnitte mehrerer in einander geschachtelter *Ligamenta intermuscularia* und sieht zugleich je zwei solcher Ligamenta durch zahlreiche von dem einen zum andern sich erstreckende dichte an einander gelegene Falten oder Fächer vereinigt. In diesen anscheinenden Falten oder Scheidewänden erkennt man Bindegewebslamellen, welche, von zwei der gröberen schiefen Intermuscularbänder ausgehend, die Zwischenräume zwischen diesen in gerader Richtung durchsetzen und die eigentlichen Muskelelemente wieder in so viele Abtheilungen sondern, als dergleichen Septa vorhanden sind.“

Auch muss ich, um das Verständniss des über die Lage und Isolation Gesagten zu erleichtern, hervorheben, dass die hinteren Wurzeln in anderen Querschnittsebenen vom Rückenmark entspringen als die vorderen,[3] und dass die hintere Wurzel ihr Ganglion bildet und sich in einen dorsalen und ventralen Ast theilt, ohne eine Verbindung mit der vorderen Wurzel einzugehen. Ich werde mich später darüber auszusprechen haben, ob bei Petromyzon überhaupt gemischte Spinalnerven vorkommen.

Das Rückenmark wird bei der beschriebenen Behandlung sehr dunkel und undurchsichtig. Versuche, es zu zerzupfen, zeigen keine Spaltbarkeit in der Richtung der Fasern und keine Möglichkeit, Zellen daraus zu isoliren. Bei schwächerer Färbung

---

[1] Langerhans, l. c. p. 26.

[2] Stannius, Über den Bau der Muskeln bei Petromyzon fluviatilis. Göttinger Nachrichten 1851, Nr. 17, p. 233.

[3] Vergl. meine frühere Mittheilung: Über den Ursprung der hinteren Nervenwurzeln im Rückenmark von Ammocoetes. Diese Berichte LXXV. Band. 1877.

lässt es eine grobe Granulirung und die grossen Hinterzellen erkennen.

Über das Stützgewebe der Spinalganglien kann ich nichts aussagen, da ja meine Methode zum Theil dahin zielt, es zu zerstören. Die Hüllen der Ganglienzellen bleiben in vielen Fällen kenntlich, an den Nervenfasern in einiger Entfernung von den Zellen sind keine Hüllen wahrzunehmen.

Die Nervenzellen behalten entweder ihre scharfen, elliptischen oder kreisförmigen Contouren, oder zeigen Anzeichen von solcher Schrumpfung, wie sie z. B. nach Einwirkung von Chromsäure regelmässig zu Stande kommt: hellere Partien am Rande, wo die Zelle dünner geworden, Einbuchtungen und Zacken. In solchen Fällen ist natürlich die Kapsel der Zelle besonders deutlich zu sehen. Kerne in derselben sind selten. Stärkere Goldlösungen bei längerer Einwirkung bringen immer Verschrumpfungsbilder hervor.

Der Zellkern ist als ein heller Fleck kenntlich, bei starker Färbung auch ganz verdeckt. Bei sehr schwacher Färbung erscheint die Zelle bloss etwas rosa angehaucht, einzelne scharf contourirte Körnchen in ihrem Centrum oder in ihrem Kern sind aber bereits dunkel gefärbt. Die Nervenfasern färben sich immer weniger als die Nervenzellen; wenn die Nervenfasern gut gefärbt sind, sind oft die Zellen schon zu dunkel. Der Übergang von der Zelle zur Nervenfaser ist entweder ein plötzlicher, so dass die Färbung eine scharfe Grenze macht, oder die dunkler gefärbte Substanz setzt sich eine Strecke weit in die Faser fort, um allmälig in ihr aufzuhören.[1] Von Structur ist an den vergoldeten Nerven nicht viel zu sehen. Die feineren erscheinen ganz homogen, die dickeren zeigen mitunter eine centrale Anhäufung von feinen Körnchen, wie sie Langerhans[2] an den Müller'schen Fasern im Rückenmark beschrieben hat.

Ich hatte keine Veranlassung andere Methoden anzuwenden, da die eben besprochene sich hinreichend erwies, den Faserverlauf im Spinalganglion und die Eigenthümlichkeiten der nervösen Elemente zu erkennen. Einige Male habe ich nach der Methode

---

[1] Meine citirte Abhandlung, p. 3.

[2] l. c. p. 80.

von Löwit[1] vergoldet, bei der die Durchtränkung des frischen Präparates mit Ameisensäure eine Rolle spielt, aber ohne wesentlichen Vortheil.

Es ist auch durch Liegenlassen in 20% Salpetersäure möglich, die Spinalganglien zu isoliren, aber ich fand es schwierig, eine sichere Färbung mit diesem Verfahren zu combiniren.[2] Ein Missglücken der Goldfärbung hatte ich fast niemals zu beklagen. Wenn Präparate unbrauchbar wurden, so war die zu weit oder zu wenig vorgeschrittene Maceration daran Schuld. In den Spinalganglien kleinerer Thiere fand ich oft bei gut gelungener Färbung die Elemente so sehr verändert, dass sie zur Untersuchung unbrauchbar waren. Die meisten meiner Präparate büssten ihre Schönheit nach einigen Monaten ein. Ich bedaure lebhaft, meine Präparate nicht sofort gezeichnet zu haben; ich habe durch diese Zögerung gerade die schönsten Bilder verloren.

Einige Male habe ich durch meine Methode sehr feine Nervenfasern in den Geweben des Potromyzon darstellen können. Ein Netz feiner Fasern der *Pia mater* werde ich weiter unten beschreiben.

III. Über das Wesentliche im Bau der Spinalganglien.

Die hinteren Wurzeln der Spinalnerven bei Vertebraten zeigen kurz nach dem Austritt aus dem Rückenmarkscanal an Stellen, welche constante Beziehungen zum Skelete einhalten, Ganglienzellen. Die Ganglienzellen enthaltende Strecke sondert sich plastisch als Spinalganglion; in dieses tritt die hintere Wurzel in einem oder mehreren Bündeln ein, und in derselben Richtung tritt ein Nervenstamm aus demselben hervor, welcher sich mit der vorderen Wurzel vereinigt, um einen

---

[1] Löwit, Die Nerven der glatten Muskulatur. Diese Berichte LXXI B. 1875.

[2] Langerhans (l. c. p. 99) sagt bei Gelegenheit der Isolation der Spinalganglienzellen: „Leider aber beschränken sich die Dienste dieser Methode auf die marklosen Nerven der Cyclostomen, bei markhaltigen Nerven gelang es mir nicht, befriedigende Präparate zu gewinnen," Ich habe durch eine Modification der Reichert'schen Mischung eine Flüssigkeit erhalten, die sich sehr brauchbar zu gewissen Zwecken erwies; ich habe aber keine Veranlassung, hier auf diesen Gegenstand einzugehen, weil sie gerade für den Petromyzon nichts Besonderes geleistet hat.

gemischten Nerven zu bilden, der in einen dorsalen, ventralen Ast und in sympathische Äste zerfällt.

Von diesem allgemeinen Verhalten gibt es besonders in der Classe der Fische Abweichungen, die in Stannius, das periphere Nervensystem der Fische, 1849, und den Handbüchern der vergleichenden Anatomie angeführt sind.

Bei Petromyzon theilt sich eine hintere Wurzel in einen dorsalen und einen ventralen Ast, ohne sich mit einer vorderen Wurzel vereinigt zu haben. Die hintere Wurzel verläuft in einer transversalen, die beiden Äste in einer sagittalen Ebene; der dorsale Ast zieht am *N. lateralis* vorüber, der ventrale liegt auf der Chordascheide. Die Theilungsstelle der Wurzel liegt in dem die Chorda zunächst umgebenden sogenannten skeletogenen Gewebe. In dem Winkel, den die Wurzel mit ihren Ästen bildet und in die Anfangsstücke dieser Äste selbst sind die Ganglienzellen eingelagert, welche die Gegend des Spinalganglions charakterisiren.

In der Wurzel sind die Fasern zu einem schmalen aber dichten Bündel vereinigt, das nicht gestattet, seine Fasern zu zählen oder den Verlauf einer einzelnen Faser zu verfolgen. Aber gegen die Theilung hin verdünnt und verbreitert sich die Fasermasse der Wurzel; sie bildet im günstigen Falle eine Faserschicht, und einzelne Fasern sind gut zu verfolgen. Die Zellen liegen ebenfalls in einfacher Schicht und drängen die Fasern der Wurzel und der beiden Äste noch mehr auseinander.

Auf dieser Anordnung beruht die Übersehbarkeit und leichtere Verständlichkeit des Spinalganglions. Sie ist nicht immer so vollkommen, wie ich eben geschildert habe. Es ist sehr gewöhnlich, dass Fasern über die Zellen selbst weggehen oder unter ihnen hinziehen, so dass dann die Fasern der hinteren Wurzel sich in drei Schichten entfaltet haben, eine unter, eine im Niveau, und eine über den Ganglienzellen. Aber da die Anzahl der Elemente eine geringe ist, thut dies der Beobachtung keinen Eintrag. Ungünstiger ist es, wenn die Zellen selbst gehäuft liegen oder nur ein Theil der aus der Wurzel kommenden Fasern sich ausbreitet, während ein anderer als cylindrischer Strang durch das Spinalganglion zieht. Die günstigen Fälle der Anordnung sind aber häufig genug, um eine vollständige Analyse der Spinalganglien zu ermöglichen.

Die Verschiedenheiten in der Lagerung der Zellen zu den Fasern geben den einzelnen Spinalganglien ihre eigenthümliche Physiognomie. Die Zellen können deutlich in zwei Lager getrennt sein, von denen eines dem dorsalen, eines dem ventralen Aste angehört. Diese beiden Lager fliessen aber gewöhnlich zusammen. Eine Sonderung der Zellen in dorsale und ventrale ist mit Berücksichtigung des Verlaufes ihrer Fortsätze in allen Fällen durchzuführen; es zeigt sich als ein häufiges Vorkommen, dass die beiden Abtheilungen des Spinalganglions an Zahl und Grösse der Zellen Verschiedenheiten darbieten.

Eine kleine Anzahl grösserer Zellen gehört dem ventralen, eine grössere Anzahl kleinerer Zellen dem dorsalen Aste an. Mitunter ist dieses Verhältniss ungemein klar ausgeprägt, mitunter nur angedeutet, endlich kann es ganz verwischt sein und der dorsale Ast ebensoviel gleich grosse Zellen wie der ventrale Ast enthalten. Ob dieses Verhältniss sich auch umkehren kann, ist mir zweifelhaft geblieben.

Der Unterschied in der Zellenzahl ist constanter als der in der Grösse der Zellen. Wenn Unterschiede der Zellengrösse vorhanden sind, sind die am weitesten in den ventralen Ast vorgerückten Zellen die grössten, die äussersten Zellen des dorsalen Astes die kleinsten.

Die Zellen können zerstreut oder gehäuft im Spinalganglion liegen, sie können unregelmässig von Fasern umgeben sein oder sich ober- und unterhalb der Fasern zu Reihen anordnen, zwischen denen die Fasern durchziehen, die einzelnen Zellen können im Inneren eines kleinen Bündels liegen oder randständig sein, so dass ihre Fortsätze zu den äussersten Fasern des Bündels werden. Alle diese für die Structur unwesentlichen Verhältnisse beeinflussen die Erscheinung des Spinalganglions. Man lernt bei längerer Beschäftigung gewisse Typen kennen, welche die Spinalganglien immer zeigen. Es scheint auch, dass diese Typen immer an denselben Stellen wiederkehren, dass also das Spinalganglion eines der Zahl nach bestimmten Segmentes bei allen Thieren dieselbe Physiognomie hat.

Wesentliche Elemente der Spinalganglien sind nur zwei: Nervenzellen und Nervenfasern. Alle Fortsätze der Zellen sind Nervenfasern, aber nicht alle Nervenfasern, die in der hinteren

Wurzel, im dorsalen oder ventralen Ast enthalten sind, sind Fortsätze der Spinalganglienzellen. Eine andere Verbindung zwischen Zelle und Faser, als dass die Faser ein Fortsatz der Zelle ist, gibt es aber nicht: Es steht also ein Theil der Nervenfasern im Spinalganglion ausser Zusammenhang mit dessen Nervenzellen.

Zuerst von den Nervenzellen.

Die Zahl der Zellen im Spinalganglion variirt von 8, welches die kleinste, bis zu 23, welches die grösste Anzahl von Zellen ist, die ich in einem Spinalganglion fand. (Eine Ausnahme machen vielleicht die allerletzten Spinalganglien, in denen manchmal nur 6—7 Zellen vorzukommen scheinen.)

Die am häufigsten vorkommenden Zahlen sind 10—16. Es ist ungemein leicht, die Zellen im Spinalganglion zu zählen, selbst wenn sie gehäuft liegen sollten.

Wenn man die aus der hinteren Wurzel hervorgegangenen Äste grössere Strecken weit verfolgen kann, bemerkt man, dass ihnen in variabler Anzahl an verschiedenen Stellen Nervenzellen eingelagert sind. Einige von diesen Elementen sind dem Spinalganglion sehr nahe, andere so weit entfernt, dass man sie wenigstens anatomisch nicht mehr zum Spinalganglion rechnen kann. Es ist sehr schwer, ihre Anzahl zu bestimmen, weil man nie den ganzen Verlauf eines Astes der Wurzel übersieht, doch ist sie im Allgemeinen eine geringe. In dem Stück des ventralen Nerven zwischen Spinalganglion und ventralem Rande der Chordascheide fand ich nie mehr als 1—3.

Die Zellen sind von drei Grössenordnungen. Die grössten sind die schon erwähnten äussersten Zellen im ventralen Ast, wenn überhaupt die Zellen des Spinalganglions verschieden gross sind, was nicht immer der Fall ist. Die mittelgrossen Zellen sind die häufigsten, unter ihnen sind die äussersten Zellen im dorsalen Ast gewöhnlich die kleinsten. Die Zellen, die in den weiteren Verlauf der aus der hinteren Wurzel entstandenen Nerven eingelagert sind, können so gross sein, wie mittelgrosse Zellen des Spinalganglions. Je weiter sie vom Spinalganglion entfernt sind, desto kleiner werden sie oft. Zwischen den mittelgrossen und den kleinsten Zellen fehlt es an Übergängen. Die kleinsten Zellen sind ein sehr inconstanter Bestandtheil des Spinal-

ganglions. Am häufigsten ist noch eine sehr kleine Zelle zwischen den wenigen grossen des ventralen Astes. Die kleinen Zellen färben sich ein wenig anders als die übrigen Elemente der Spinalganglien, sie haben viel Ähnlichkeit mit den später zu beschreibenden Nervenzellen in der Nähe der Gefässe.

Einige Beispiele für die Vertheilung der Zellen auf die beiden Äste:

Ventral			Dorsal		
Grösste	Kleine		Mittelgrosse	Kleine	Summe
6	+ 2	+	8	+ 2 =	18
3	+ 1	+	5	=	9
5	+ 1	+	6	+ 1 =	13
6		+	5	+ 1 =	12
4	+ 1	+	6	=	11

Andere Beispiele ohne Rücksicht auf die Grössenunterschiede der Zellen gewählt:

Ventral		Dorsal		Summe
5	+	7	=	12
4	+	9	=	13
5	+	9	=	14
6	+	9	=	15
6	+	10	=	16
6	+	11	=	17

Diese Spinalganglien stammen aus sehr benachbarten Gegenden desselben Thieres.

Die Spinalganglienzellen erscheinen nach der beschriebenen Vergoldung als kugelige oder ellipsoidische Körper meist mit ganzrandigen Contouren. Sie haben der grossen Mehrzahl nach zwei Fortsätze, seltener bloss Einen. Ich beginne mit der Beschreibung der bipolaren Zellen, welche gewiss $^{11}/_{12}$ der Zellen im Spinalganglion ausmachen, und will das Vorkommen sogenannter unipolarer und multipolarer Zellen zunächst ganz vernachlässigen. Die beiden Fortsätze der bipolaren Zellen verlaufen immer, der eine zur Peripherie, der andere zum Centrum, und gehen keinerlei Verbindungen mit den Fortsätzen anderer Zellen ein. Man kann das direct sehen, wenn man ein

gutes Präparat vor sich hat. Man kann aber auch mit Bestimmtheit sagen, dass diese bipolaren Zellen keinen dritten Fortsatz haben, wie Beale und Arndt[1] von den analogen Zellen aus den Spinalganglien anderer Thiere geglaubt haben.

Man überzeugt sich auch, dass sämmtliche Zellen eines Spinalganglions bipolar sind, und wir werden später sehen, dass die sogenannten unipolaren Zellen davon keine Ausnahme begründen. Man isolirt nämlich Spinalganglien, die von Natur so aufgefasert, so locker gebaut sind, dass man von jeder der 10—12 Zellen den einen Fortsatz in die Wurzel, den andern in den dorsalen oder ventralen, oder Eingeweideast der Wurzel treten sieht. Man sieht den Fortsatz nicht bloss die Richtung zur Wurzel oder zu einem Ast nehmen — was wenig bedeuten würde — sondern man verfolgt ihn in die Wurzel hinein, bis sich deren Fasern zu einem compacten Bündel zusammengedrängt haben und in einen der erwähnten Äste, soweit dessen Verlauf am Präparat sichtbar ist. Dass man an solchen Präparaten, die eine einfache Schichte von Nervenelementen darstellen, keinen dritten Fortsatz von der Zelle kommen sieht, ist vollgiltiger Beweis dafür, dass kein dritter Fortsatz vorhanden ist.

Um die Bipolarität sämmtlicher Zellen zu constatiren, ist man aber nicht auf diese Gunst des Zufalls angewiesen. Man kann dieselbe an jedem Präparat, wo die Zellen nicht so gedrängt liegen, dass sich ihre Fortsätze umeinander schlingen, demonstriren. Ein Spinalganglion von 12 Zellen zeigt gewöhnlich von 6 Zellen sowohl den peripheren als den centralen Fortsatz, von 5 Zellen entweder nur den peripheren oder nur den centralen und an einer Zelle kann man oft keinen Fortsatz sehen. Verträgt das Präparat die Untersuchung mit Hartnack X, so kann man auch die zweiten Fortsätze finden, die man früher nicht gesehen hatte, oder man kann wenigstens constatiren, dass die Kapsel der Zelle und diese selbst noch an einer zweiten Stelle spitz ausgezogen sind. Treibt man durch Druck auf das Deckglas die Zellen auseinander, was immer möglich ist, wenn das Präparat Glycerin genug enthält, so erweisen sich alle, selbst die scheinbar apolaren Zellen, als bipolar.

---

[1] Vergl. Abschnitt I.

Bipolar sind gewöhnlich auch die in den peripheren Verlauf des dorsalen oder ventralen Astes eingeschalteten Zellen.

Die beiden Fortsätze der bipolaren Zelle entspringen nicht immer von entgegengesetzten Polen der Zelle, wie das typische Bild der bipolaren Zelle bei R. Wagner, Bidder u. A. dargestellt ist. Man kann bei Petromyzon sehr schön beobachten, dass der Ursprung der beiden Fortsätze nach der Lage der Zelle modificirt ist. Die regelmässigsten bipolaren Zellen sind immer die äussersten Zellen, die weit im dorsalen oder ventralen Ast liegen, wo die Faservertheilung, die bei der Theilung der Wurzel stattfindet, schon vollzogen ist und die Fasern alle parallel verlaufen. Die unregelmässigsten Formen und den Ursprung beider Fortsätze von sehr naheliegenden Stellen zeigen stets die Zellen, die im Theilungswinkel der Wurzel selbst liegen, wo das Gedränge der Fasern am grössten ist. Diese Zellen erscheinen auch manchmal fortsatzlos, weil von ihnen nur eine kleine Oberfläche zu Tage tritt, und ihre Fortsätze oft dort entspringen, wo die Zelle von anderen Zellen oder Fasern bedeckt ist.

Zellen, die zweizeilig angeordnet sind und die Nervenfasern zwischen ihren beiden Reihen durchtreten lassen, schicken ihre beiden Fortsätze im Bogen zu denselben herab.

Die beiden Fortsätze der bipolaren Zelle können unmittelbar nebeneinander von der sonst in ihrer Form nicht veränderten Zelle entspringen; diese Stelle kann aber auch in eine Art Hals ausgezogen sein und sie kann endlich verlängert sein in einen Stiel, der beiden Fortsätzen den Ursprung gibt (Tafel I, Figur 3, Rz'.). Endlich kann sich diese Verlängerung der Zelle schärfer von ihr absetzen, nach Lichtbrechung und Färbung einer Nervenfaser gleichen und erst nach etwas längerem Verlauf sich in zwei Fortsätze theilen, die in entgegengesetzter Richtung auseinandergehen (Tafel I, Fig. 1, 3, 4, Rz.).

Wir haben dann eine Zelle mit einfachem Fortsatz, der sich später theilt, wie sie Stannius, R. Wagner, Schramm und Küttner bei Säugethieren und beim Frosch beschrieben, und Ranvier neuerdings als T-förmige Einpflanzung eines Zellfortsatzes in eine Nervenfaser dargestellt hat. Es ist unmöglich zu übersehen, dass diese Ranvier'schen Zellen bei Petromyzon

bloss Modificationen der gewöhnlichen bipolaren sind, und am Bau der Spinalganglien nichts ändern. Dann ist es aber auch nothwendig, diese Auffassung auf die Ranvier'schen Zellen bei höheren Wirbelthieren zu übertragen, denn ein wesentlicher Unterschied dieser Zellen bei höheren Vertebraten und bei Petromyzon geht aus der Beschreibung der Autoren nicht hervor.

Zwar spricht Ranvier davon, dass die Nervenfaser, in die der Fortsatz der Nervenzelle einmündet, einen geradlinigen Verlauf hat, während die beiden Fasern, die durch Theilung des einen Zellfortsatzes bei Petromyzon entstehen, einen Winkel mit einander bilden. Aber fürs Erste wird man diesen Unterschied für ebenso unbedeutend halten müssen, wie die früher beschriebenen Unterschiede im Ursprung der beiden Fortsätze an der bipolaren Zelle und endlich haben Axel Key und G. Retzius[1] eine Zelle als Ranvier'sche aus dem Ganglion Gasseri des Kaninchens beschrieben und abgebildet, deren Fortsätze mit einander den nämlichen Winkel bilden wie bei Petromyzon.

Einmal habe ich auch bei Petromyzon eine T-förmige Theilung eines Zellfortsatzes gesehen; es steht also nichts im Wege, auch bei Petromyzon von einer T-förmigen Einpflanzung des Zellfortsatzes in die Faser der hinteren Wurzel zu reden, aber man verdeckt durch diese Bezeichnung die wirklichen Beziehungen dieser Zellen zu den bipolaren und zum Bau des Spinalganglions.

Ranvier und Key und Retzius waren über die Verbreitung der besprochenen Elemente in den Spinalganglien der höheren Wirbelthiere in Zweifel. Bei Petromyzon sind diese Zellen in vielen Spinalganglien gar nicht vorhanden. Ich sage nicht — nicht aufzufinden, denn es geht aus meiner Beschreibung hervor, dass sie gewiss aufzufinden wären, wenn sie vorhanden wären. In anderen Spinalganglien findet man deren eine, selbst zwei (Tafel I, Fig. 3, *Rz* und *Rz*). Eine Regelmässigkeit des Auftretens dieser Zellen nach irgend einer Richtung konnte ich nicht erkennen.

Ich habe mich bemüht, bei starken Vergrösserungen den einen Fortsatz, den Stiel der Ranvier'schen Zelle, zu prüfen, ob

[1] l. c. Tafel III, Fig. 12. Vergl. Abschnitt I.

er eine Andeutung von Zusammensetzung aus zwei Fasern zeige. Das Ergebniss war indessen ein negatives.

Viel seltener als diese scheinbar unipolaren Zellen habe ich in den Spinalganglien tripolare und zusammengesetzte Zellen angetroffen. Ich muss mich über diese Elemente zurückhaltender äussern, weil ich sie so selten gesehen habe. Ich habe sie fast alle abgebildet, nicht nach den Präparaten selbst, sondern nach Bleistiftskizzen, die ich mir seiner Zeit von den Präparaten gemacht hatte. Die Zellform Tafel I, Fig. 4*B* habe ich öfter gesehen und halte mich daher für berechtigt zu sagen, dass der periphere Fortsatz der bipolaren Zelle nach kürzerem oder längerem Verlauf sich theilen und in zwei parallel neben einander verlaufende Fortsätze zerfallen kann. Es ist vorderhand gleichgiltig, ob man sich diese Zellform vorstellt als multipolar und mit einem ausgezogenen Ende versehen, oder ob man sich eine Theilungsstelle der peripher verlaufenden Faser nahe an die Ganglienzelle herangerückt denkt. Auf die Deutung der übrigen Zellformen werde ich noch weiter unten zu sprechen kommen. Am meisten bin ich bei der Zellform *E* zweifelhaft, ob ich es nicht bloss mit zwei scheinbar unipolaren Zellen zu thun hatte, deren Fortsätze nahe aneinandergedrängt und kurz abgerissen waren.

Nach dem mir bis jetzt vorliegenden Untersuchungsmateriale muss ich also annehmen, dass eine ganz geringe Anzahl von Spinalganglienzellen mehr als einen Fortsatz zur Peripherie oder zum Centrum schickt und dass es eine Anzahl von irregulären Elementen im Spinalganglion gibt, deren Verhältniss zu den regulären zu erforschen bleibt.

Auch sogenannte zusammengesetzte Zellen habe ich im Spinalganglion gesehen (Tafel I, Fig. 2, *dpz*). Ich verstehe darunter Zellen von der mehrfachen Grösse gewöhnlicher, mit einer entsprechend vermehrten Anzahl von Fortsätzen und mehr als einem Kern. An einigen solchen Zellen habe ich gefunden, dass sie ebenso viel Fasern zur Peripherie als zum Centrum schicken. Welches der Zusammenhang zwischen ihren Theilstücken ist, ist mir nicht klar geworden.

Was die Häufigkeit dieser Zellformen betrifft, so ist mir folgendes Verhältniss wahrscheinlich. Die gewöhnlichen bipolaren

Zellen machen $^{11}/_{12}$ der Gesammtheit aus, die Ranvier'schen $^{3}/_{4}$ vom Rest, das Übrige vertheilt sich auf die irregulären und zusammengesetzten Formen. Diese Behauptung mag für andere Regionen als für den Schwanz des Thieres nicht richtig sein, weil anderswo die Spinalganglienzellen gedrängter liegen können, also leichter unregelmässige Formen der Faserursprünge zeigen mögen.

Die Fortsätze der Spinalganglienzellen begeben sich einerseits in die Wurzel, andererseits in den ventralen oder dorsalen Ast. Wenn von der Mitte der Wurzeltheilung einige Fasern als sympathischer Ast abgehen, gesellt sich ihnen nicht selten ein Fortsatz einer bipolaren Zelle bei (Tafel IV, Fig. 2, *zs*). Es gibt also ausser dorsalen und ventralen Ganglienzellen auch solche, die dem dritten sympathischen Ast der Wurzel angehören.

Die aus der Wurzel kommenden Nervenfasern werden theils zu Fortsätzen der Nervenzellen, theils treten sie ohne Verbindung mit den Nervenzellen durch das Spinalganglion hindurch. Das System der durchtretenden Fasern ist an jedem gut präparirten Spinalganglion von Petromyzon evident. Dieselben verlaufen einzeln oder in kleinen Bündeln, oder, wenn die Zellen zweizeilig angeordnet sind, in ganzer Masse zwischen den Zellen. Man darf es mit Bestimmtheit aussprechen, dass sie in keinem Zusammenhang mit den Spinalganglienzellen stehen, weil jede einzelne Faser als solche aus der Wurzel in den Nerven verfolgt werden kann, und weil man sie an jeder Stelle ihres Verlaufes durch das Spinalganglion von den Zellfortsätzen zu unterscheiden im Stande ist. Es ist darum auch überflüssig, sich auf die Bruchstücke von Spinalganglien zu berufen, die man isolirt, in denen einzelne durchziehende Fasern isolirt an der Wurzel hängen, während die unversehrten Zellen mit ihren langen Fortsätzen daneben liegen.

Die durchtretenden Fasern sind von sehr verschiedener Stärke. In den meisten Wurzeln begegnet man 1—4 sehr breiten Fasern, welche ein besonders günstiges Object zur Demonstration der durchtretenden Fasern geben und ihrer Breite wegen auch auf der Pia mater und im Rückenmark kenntlich bleiben. Sie sind weniger dick als breit, bandförmig, oft feingekörnt, mit zahlreichen kleinen randständigen Kernen besetzt und färben

sich intensiver als andere Nervenfasern. Sie sind breiter als die Fasern der vorderen Wurzeln. (Tafel I, Fig. 1, *dz*; Tafel II, Fig. 1, *dz*.) Die grössere Zahl der Fasern ist schmäler und drehrund; von solcher Art sind auch die Zellenfasern oder Fortsätze der Spinalganglienzellen. Feine Fasern sind in grosser Menge vorhanden und verbergen sich leicht zwischen den stärkeren.

Sowohl die breiten als die mittelstarken und feinen Fasern zeigen häufig gabelige Theilungen. Die Theilungen der breiten Nervenfasern sind nicht zu übersehen, aber die Theilungen feinerer Fasern mag ich oft, wo die Fasern etwas gedrängter beisammen lagen, übersehen haben. Die einzelnen Nervenfasern können bei der Theilung einen Ast in den dorsalen, den anderen in den ventralen Ast der Wurzel schicken (Tafel II, Fig. 1, *Th*) oder beide können in demselben Nerven mit einander weiter verlaufen. Es können ferner beide Theilungsäste nahezu die Breite der ungetheilten Faser haben, oder die eine auffallend verschmälert sein (Taf. II, Fig. 1 *Th'*). Fasertheilungen finden sich sehr häufig auch im dorsalen und ventralen Ast, wo entweder beide Theilungsäste mit einander verlaufen oder der eine zu einem sich abzweigenden Nervenstämmchen tritt. Im Spinalganglion bedingen die Fasertheilungen eine geringe, aber nicht zu vernachlässigende Faservermehrung.

Die aus der hinteren Wurzel kommenden Fasern übergehen an der Theilungsstelle der Wurzel aus dem queren in den sagittalen Verlauf und vertheilen sich in variablem Verhältniss auf den dorsalen und ventralen Ast. Nicht immer beschreiben sie den kürzesten Weg durch das Spinalganglion. Es gibt sehr oft Fasergruppen, welche sich anfänglich dem dorsalen Ast anzulegen scheinen, dann aber im Bogen umbiegend sich in den ventralen Ast begeben und sich mitten im Spinalganglion mit Fasern von ähnlichem, aber gerade entgegengesetztem Verlauf kreuzen. Wenn diese Verlaufsweise auch keinerlei sonstige Bedeutung hat, so dient sie doch dazu, den Raum zwischen beiden Ästen der Wurzel in die Bildung des Ganglions mit einzubeziehen, ermöglicht so eine bessere Ausbreitung der Fasermasse der Wurzel und begünstigt wesentlich die Deutlichkeit des Bildes.

Andere, besonders feine Fasern erleiden mehrfache Knickungen, bevor sie sich endgiltig einem Aste beigesellen, oder um-

schlingen Faserbündel oder die Wurzel selbst, bevor sie in diese eintreten.

Ein geringer Faserantheil der hinteren Wurzel behält den transversalen Verlauf im Spinalganglion bei. Diese Fasern bilden einen dritten Ast, welcher nicht bis zur Haut verläuft, sondern seine Endausbreitung früher erreicht. Ich sah einige seiner Fasern in kleinen multipolaren Zellen enden, welche der Spinalarterie auflagen. Aus diesen Gründen nenne ich ihn den sympathischen oder Eingeweideast der Wurzel Diese Benennung ist insoferne unpassend, als auch vom dorsalen und ventralen Ast Fasern zu den die Gefässe begleitenden Nerven abgehen.

Der sympathische Ast kann in mehrfacher Anzahl vorhanden sein oder ganz fehlen; in letzterem Falle darf man annehmen, dass seine Elemente in einen der beiden Hauptäste getreten sind und sich später von ihm ablösen.

Nicht alle Fasern, die in einem der drei Äste der Wurzel enthalten sind, stammen aus der Wurzel. Es gibt in jedem Spinalganglion — vielleicht mit Ausnahme der allerletzten — Fasern, die vom dorsalen Ast in den ventralen oder sympathischen übertreten, ohne in Verbindung mit der Wurzel dieser Äste zu stehen. Ich nenne diese Elemente angelehnte Fasern. Sie nehmen räumlich an der Bildung des Spinalganglions Theil, indem sie den Winkel zwischen dem dorsalen und dem ventralen Ast ausfüllen helfen. Diese Fasern sind schuld daran, dass die Äste der Wurzel viel reicher an Fasern sind, als die Wurzel, durch deren Theilung sie entstanden. Würde man bei Petromyzon, wie es bei anderen Thieren geschehen ist, durch Zählung der Fasermenge vor und hinter dem Spinalganglion über eine Faservermehrung in dem Spinalganglion entscheiden wollen, so wären die angelehnten Fasern, besonders da sie in den Ästen doppelt gezählt würden, eine sehr beträchtliche Fehlerquelle. Doch fehlt dieses eigenthümliche System von Fasern bei anderen Thieren nicht. Ich finde darüber bei Henle[1] folgende Citate:

„Ein den äusseren Bogenfasern des Chiasma analoge Schlinge der Spinalnerven beschreibt Volkmann (Müll. Arch. 1838. S. 291) mit folgenden Worten: „Bei dem Maul-

[1] Henle, Nervenlehre, 1873, p. 330.

wurfe treten die *Nn. thoracici* als einfache Stämme aus den Spinalganglien, zerfallen aber unmittelbar nach dem Austritt in den vorderen und hinteren Ast. In dem offenen Winkel der Theilungsstelle fand ich schleifenförmige Fasern in der Art angebracht, dass die Beugung in den Winkel zu liegen kam, während die fortlaufenden Enden einerseits im vorderen Aste, andererseits im hinteren Aste nach der Peripherie gerichtet waren". Gedachte Fasern waren also ausser Zusammenhang mit den Centralorganen und müssten nach Volkmann's Meinung vom Sympathicus abgeleitet werden. Nach Arnold (Lehrbuch der Physiologie, 1841, S. 903) kommen auch beim Menschen zwischen den hinteren und vorderen Ästen der Spinalnerven, wo sich der gemeinschaftliche Stamm derselben gabelförmig spaltet, nach aussen offene Bogenfasern vor. Remak (Müll. Arch. 1841. S. 520) bemerkte an den hinteren Wurzeln der unteren Cervical- und verschiedener Dorsalnerven des Ochsen feine Verbindungsfäden, deren Primitivfasern in den äussersten Wurzelsträngchen sowohl des oberen als des unteren Nerven in periphischerer Richtung verliefen, so dass der Verbindungsfaden eine bogenförmige Schlinge darstellte, deren Schenkel in den Nervenstämmen lagen. Endlich habe ich eine Angabe Luschka's (der N. *phrenicus* des Menschen. 1853. S. 15) zu erwähnen, eine centralwärts convexe Schlinge eines Bündels betreffend, welches aus dem Stamme des N. *phrenicus* in einen Schulterhautzweig des vierten Cervicalnerven umbog."

Die angelehnten Fasern sind vorwiegend feine, doch finden sich unter ihnen auch mittelstarke und selbst breite bandförmige. Kleine bipolare Zellen sind oft in den Verlauf feiner angelehnter Fasern eingeschaltet. Über Ursprung und Verbreitung dieser Fasern habe ich nichts beobachtet. Aus ihrer Lage folgt durchaus nicht, dass sie ganz ausser Zusammenhang mit den Centralorganen sind. Es mögen sehr verschiedene Fasergattungen sein, welche die Bahn des hinteren Spinalnerven als Strasse benützend, sich an verschiedenen Stellen wieder von ihm abzweigen.

Es ist nicht möglich, die Faseranzahl in der Wurzel und ihren Ästen genau zu bestimmen. In der Wurzel ist es hauptsächlich die Anordnung, in den Ästen die Beschaffenheit der Fasern, welche dies verhindern.

Bloss die breiten Fasern sind mit Sicherheit zu zählen, es sind ihrer wenige, höchstens 4 in der Wurzel und 1—2 unter den angelehnten. Die feinen Fasern sind nicht zu zählen, weil sie bald hier, bald dort auftauchen und sich zwischen den stärkeren verbergen. Auch die mittelstarken Fasern verlaufen selten so isolirt auf lange Strecken, um eine gute Zählung zu ermöglichen. Endlich machen die häufigen Fasertheilungen in den Ästen den Werth jeder Faserzählung zweifelhaft.

Man kann aber mit aller Sicherheit feststellen, dass die Zahl der durchziehenden Fasern die der Zellenfasern zum Mindesten erreicht, wahrscheinlich sie um ein Bedeutendes übertrifft. Ich habe oft Faserzählungen versucht und bin zu dem als untere Grenze für viele Ganglien annähernd richtigen Resultate gekommen, dass 30—45 Fasern aus den drei Ästen in die Wurzel gehen, dass ein Dritttheil davon auf die Zellfortsätze entfällt und zwei Dritttheile auf die durchziehenden Fasern; die angelehnten Fasern betragen 10—25 in einem Spinalganglion.

Von dem dorsalen und ventralen Ast der Wurzel können sich an jeder Stelle ihres Verlaufes kleinere Nervenstämme abzweigen. Die in diese Stämmchen eintretenden Fasern sind entweder Fortsetzungen von Fasern, die im Nerven verliefen oder Theilungsäste solcher Fasern, deren anderer Ast im Nerven verbleibt, oder Fortsätze kleiner Nervenzellen, die in dieselben eingelagert sind. Nicht selten sind diese Zellen tripolar, zwei ihrer Fortsätze verlaufen central und peripher im Nerven, der dritte geht in das sich abzweigende Stämmchen ein.

Jede hintere Wurzel wird von einem Gefäss begleitet, der *Arteria spinalis* und *intercostalis* dieses Segmentes.[1] Dieses Gefäss hat fast immer seine begleitenden Nerven. Zwei feinere Fasern nehmen das Gefäss zwischen sich und folgen seinen Verzweigungen, indem sie begleitende Fasern für jeden kleinen abgehenden Gefässast bilden. Diese Nervenfasern sind oft von kleinen, bi- oder tripolaren Nervenzellen unterbrochen. Mitunter sind zwei Zellen in den Verlauf einer Nervenfaser eingeschaltet, so dass man Grund hat, von einer Nervenzellenanastomose zu

[1] Joh. Müller, Vergl. Anatomie der Myxinoiden. Dritte Fortsetzung, Über das Gefässsystem. Abhandlungen d. Berliner Akademie 1839, p. 184.

reden. In der Nähe des Spinalganglions sind solche kleine multipolare Nervenzellen in grösserer Anzahl vorhanden. Einigemale sah ich Fasern des sympathischen Astes der Wurzel in ihnen enden. Einigemale habe ich eine der gefässbegleitenden Fasern in einen der Äste der hinteren Wurzel verfolgt. Ob die gefässbegleitenden Fasern die Muskelzellen des Gefässes innerviren, war nicht zu entscheiden, da der Bau der Gefässwand durch die Salzsäuremaceration undeutlich geworden war.

Manche Präparate zeigen in der Nähe des Gefässes einen sehr grossen Reichthum an Nervenfasern, die dasselbe bald begleiten, bald es überkreuzen und sich in seiner Umgebung verästeln, und an kleinen Nervenzellen mit langen Ausläufern. Ich bezeichne alle diese Elemente als sympathische, indem ich in ihrer topographischen und vielleicht functionellen Beziehung zu den Gefässen und in ihrer Sonderung von den spinalen Nerven analoge Verhältnisse zum Sympathicus der höheren Thiere sehe. Einen Grenzstrang habe ich so wenig wie andere Untersucher bei Petromyzon gefunden.

IV. Details über den Bau der Spinalganglien des Petromyzon.

Als Material für diese Untersuchungen standen mir Ammocoetes von sehr verschiedener Grösse und einige Petromyzon zu Gebote. Ich weiss nicht, ob die Unterschiede zwischen Larve und Geschlechtsthier von Petromyzon sich überhaupt auf die Spinalganglien erstrecken. Bei meinen Untersuchungen, die sich auf das Wesentliche im Bau der Spinalganglien beziehen, bin ich ihnen nicht begegnet und habe daher die bei Ammocoetes und Petromyzon gewonnenen Resultate unter einen Titel gebracht.

Die im vorigen Abschnitt dargelegten Resultate gelten für die Spinalganglien des Caudalmarkes, die ich allein eingehend untersucht habe. Die Spinalganglien anderer Regionen habe ich der erwähnten ungünstigen Verhältnisse wegen vernachlässigt. Die Schwierigkeiten wären auch da nicht unüberwindlich gewesen, aber da ich mein Material frisch verarbeiten musste, war meine Zeit für die Untersuchung der Spinalganglien des Schwanzes hinreichend in Anspruch genommen.

Was ich von den Spinalganglien anderer Regionen gesehen habe, lässt mich vermuthen, dass daselbst auch der Bau der Spinalganglien nicht günstig für die Untersuchung ist. Die Wurzel fasert sich im Spinalganglion nicht auf, die Zellen liegen traubig gehäuft. In einem Spinalganglion des Kiemenmarkes fand ich die grösste, überhaupt beobachtete Anzahl von Zellen. Es waren 16 Zellen traubig um die Theilung der Wurzel angeordnet, 7 in einiger Entfernung in den dorsalen Ast eingelagert. In einem anderen Spinalganglion fand ich ebenfalls 23 Zellen, aber ganz unregelmässig auf 4 Äste vertheilt, in die die hintere Wurzel zerfiel. Diesen benachbart war ein Spinalganglion von 14 Zellen, die sich zu 5+9 auf beide Äste vertheilten.

Auch auf die leichter zu untersuchenden letzten Spinalganglien ist die vorhin gegebene Beschreibung nicht ohne Modificationen anwendbar. Die letzten hinteren Wurzeln zeigen keine Theilung und keine Bildung eines dorsalen und ventralen Astes. Ihre Fasern verlaufen auch nach der Einlagerung der Spinalganglienzellen parallel weiter und gehen dann allmälig auseinander. Angelehnte Fasern fehlen, durchziehende sind nicht immer deutlich zu erkennen, obwohl das Verhältniss der Faseranzahl zur Anzahl der eingelagerten Zellen durchziehende Fasern anzunehmen nöthigt. Feine Fasern sind in grosser Menge vorhanden und zeigen sowohl Theilungen als Einlagerungen sehr kleiner Zellen. Die Bipolarität der grossen Zellen ist in diesen letzten Spinalganglien noch viel leichter und schöner zu sehen als anderwärts, weil alle Zellen zwischen parallelen Fasern liegend sich selbst in die Länge gestreckt haben. Doch habe ich eine Ranvier'sche Zelle dort gesehen und abgebildet (Tafel I, Fig. 4 *A*).

Bei Anwendung der besprochenen Methode isoliren sich die letzten Wurzeln im Zusammenhang mit dem Endstück des Rückenmarks und grossen Strecken ihres peripheren Verlaufes. Wie alles Andere in der Schwanzspitze sind auch die Verhältnisse der letzten Wurzeln sehr variabel. Es finden sich einige Male nur 6—7, andere Male 13—14 Zellen in einander dem Ort nach entsprechenden Spinalganglien bei verschiedenen Thieren.

Die Spinalganglien etwa 1 Cm. von der Schwanzspitze aufwärts sind das für die Untersuchung günstigste Object und bilden den Gegenstand der vorhin gegebenen Beschreibung.

Man darf nicht erwarten, dass jedes einzelne Spinalganglion eine so vollständige und sichere Analyse gestatte, wie sie in meiner Beschreibung enthalten ist. Das eine wird die Verhältnisse der Ganglienzellen, das andere die der durchziehenden Fasern mit besonderer Schönheit zeigen, und eine gute Menge wird überhaupt zu nichts als zur Zählung der Zellen zu verwenden sein. Aber bei Organen, welche so offenbar von derselben Art sind wie die Spinalganglien verschiedener Segmente desselben Thieres, ist es erlaubt, die aus den verständlichen Bildern gewonnene Kenntniss auf die dunkleren Bilder zu übertragen und die Resultate als vermuthungsweise allgemein giltige hinzustellen. Endlich muss ich hervorheben, dass es dieser Erlaubniss für die Spinalganglien von Petromyzon nicht bedarf, indem man einzelne Spinalganglien antrifft, welche eine so vollständige Analyse zulassen, dass an ihnen überhaupt nichts mehr zu schematisiren bleibt.

Einige der Umstände, welche das Aussehen der Spinalganglien beeinflussen, habe ich schon hervorgehoben; andere sollen nun erwähnt werden.

Selten finden sich Spinalganglien mit doppelter Wurzel. Die beiden Wurzeln entspringen dann auch getrennt vom Rückenmark, wie später beschrieben werden soll, erweisen sich aber als die Theile einer einzigen Wurzel, weil sie zusammengenommen erst die Faserstärke einer einzigen Wurzel haben, und weil sie einander viel näher sind als eine hintere Wurzel einer anderen hinteren oder vorderen. Aus den Fasern dieser beiden Wurzeln geht nur ein einziges Spinalganglion, ein dorsaler und ein ventraler Ast hervor.

Die Erscheinung der Spinalganglien kann auch verändert werden durch die Bildung von mehr als 3 Ästen, die aus der einen Wurzel hervorgehen. Oft ist der sympathische Ast doppelt oder mehrfach vorhanden, manchmal der dorsale oder ventrale Ast von seinem Ursprung an in zwei Äste gespalten, die sich auf ihrem peripheren Verlauf noch vereinigen können. Es kommt auch vor, dass einer der beiden grossen Äste der Wurzel sich in seinem weiteren Verlaufe theilt, die beiden Äste aber sich später wieder vereinigen, so dass sie eine Insel bilden, in der z. B. das den Nerven begleitende Gefäss zu liegen kommt.

Die beiden grossen Äste sind nicht immer gleich stark. Der Unterschied ist manchmal so bedeutend, dass die Wurzel als compactes Bündel in den einen Ast übergeht, während wenige weit von einander abstehende Fasern, die sich von der Wurzel lösen, den zweiten Ast bilden. An mehreren hinter einander liegenden Spinalganglien betraf diese Reduction den dorsalen Ast. Es war zugleich im dorsalen Ast die Anzahl der durchziehenden Fasern eine sehr geringe, während die Fasern des ventralen Astes, der auch sonst weniger Zellen führt, fast alle durchziehende waren. Auch andere Unterschiede, z. B. in Bezug auf die Vertheilung der breiten und feinen Fasern, finden sich zwischen den beiden grossen Ästen, aber sie sind zur Charakterisirung der beiden Äste darum nicht zu verwenden, weil sie bald dem einen, bald dem anderen zukommen.

Am constantesten ist der Unterschied in der Grösse und Anzahl der Zellen. Dieses Verhältniss ist darum interesant, weil man auch in den Spinalganglien einiger Säuger grössere und kleinere Zellen findet, aber nicht unregelmässig durcheinander, sondern die grösseren in einer bestimmten Gegend des Spinalganglions angehäuft. Bei Petromyzon hat man in einigen Fällen sichere Anhaltspunkte, die beiden Äste des isolirten Spinalganglions von einander zu unterscheiden. Der dorsale Ast geht über den *Nervus lateralis*, der ventrale über die Chorda. Mitunter ist es nun sehr deutlich, dass der über den *Nervus lateralis* ziehende, also dorsale, Ast die grössere Hälfte der Spinalganglienzellen führt, die kleinere dem ventralen Ast zufällt. Die zahlreicheren Zellen des dorsalen Astes sind alle kleiner als die ventralen, oder es befinden sich doch unter ihnen die kleinsten; die an Zahl geringeren Zellen des ventralen Astes sind entweder alle grösser oder doch unter ihnen die grössten. Diese Grössenunterschiede sind weniger constant als der Unterschied der ungleichen Vertheilung. Anfangs habe ich mich für berechtigt gehalten, in all den Fällen, wo die Äste des Spinalganglions nicht durch ihren Verlauf über den *N. lateralis* oder die *Chorda* kenntlich waren, den Ast mit mehr und kleineren Zellen für den dorsalen, den anderen mit weniger und grösseren für den ventralen zu erklären. Aber ich sah mehrmals, dass die grösseren Zellen sich in demselben Ast befinden können, der die grössere

Anzahl von Zellen enthält. Da meine beiden Merkmale zur Unterscheidung der Äste hier nicht coincidiren, sondern auf verschiedene Äste vertheilt sind, bin ich im Zweifel, ob ich überhaupt eine allgemeine Unterscheidung beider Äste in Bezug auf Grösse und Zahl der Zellen annehmen soll.

Die Zellen dritter Grössenordnung finden sich in beiden Ästen, im ventralen Ast unter den grössten Zellen sind sie am auffälligsten. Sie sind bipolar wie die grösseren Zellen, ihre Fortsätze sind feine Fasern und darum nicht weit zu verfolgen. Ich habe versucht zu entscheiden, ob diese kleinen Zellen den grösseren gleichzustellen oder als besondere Elemente anzusehen sind. Zu diesem Zwecke habe ich in Spinalganglien, die ich im Zusammenhang mit dem Rückenmark hinter einander liegend isoliren konnte, die Zellen gezählt und zu bestimmen gesucht, ob sich eine grössere Gleichmässigkeit der Zahlen ergäbe, wenn ich die kleinen Zellen als besondere oder als den anderen gleichwerthige Elemente in Rechnung brachte.

	Im Grosszellenstrang (ventral)		Kleinzellenstrang (dorsal)	Summe
I.	5	+	5	= 10
II.	6	+	7 + 1 kleine	= 13 + 1 = 14
III.	5	+	7 + 1 „	= 12 + 1 = 13
IV.	6 + 2 kleine	+	8 + 2 „	= 14 + 4 = 18
V.	3 + 1 „	+	5	= 8 + 1 = 9
VI.	5 + 1 „	+	6 + 1 kleine	= 11 + 2 = 13
VII.	6	+	5 + 1 „	= 11 + 1 = 12
VIII.	4 + 1 kleine	+	6	= 10 + 1 = 11
IX.	6	+	5 + 1 kleine	= 11 + 1 = 12

Die vorstehende Reihe gibt indess keinen Aufschluss über das Verhältniss der kleineren Zellen zu den grösseren. Man bemerkt bloss, dass in dem reichsten Spinalganglion (IV.) auch die grösste Anzahl von kleinen Zellen vorkommt.

Es ist interessant zu bemerken, dass die Anzahl der Zellen in den aufeinander folgenden Ganglien wenig wechselt: von 10—14. Nur zwei Ganglien, IV. und V., machen eine Ausnahme. IV. überschreitet das mittlere Mass um so viel als V. dahinter zurückbleibt. Da die beiden Ganglien unmittelbar aufeinander

folgen, könnte man denken, dass eine Art Compensation zwischen ihnen stattfindet. Ich habe dasselbe Verhältniss auch in anderen Reihen von Spinalganglien beobachtet.

Auch die Untersuchung symmetrischer Ganglien gab über die Stellung der kleinen Zellen keinen Aufschluss. Zwar erhielt ich ein Spinalganglion von 4 + 7 Zellen, dem ein symmetrisches von 10 grösseren mehr einer kleinen entsprach, so dass die Übereinstimmung beider Ganglien gewahrt schien, wenn man die eine, kleine, Zelle den anderen gleichstellte. Aber die symmetrischen Spinalganglien zeigen oft ansehnliche Verschiedenheiten der Zellenanzahl, wie folgende kleine Reihe beweist:

Grössere	Kleine		Grössere	Kleine
11		—	10	+ 1
18	+ 1	—	20	+ 1
16	+ 1	—	14	+ 1
7		—	9	+ 2

Ich führe noch mehrere Reihen von Spinalganglien an, in denen ich die Zellen gezählt habe. Bei einigen ist auch die Vertheilung der Zellen notirt.

	Zellenzahl	Vertheilung
I.	19	
	13	
	15, 6 + 9	
II.	17	
	16	
	16, 4 + 12	
	14, 5 + 9	
	14	
	17, 6 + 11	
	14	
	14	
III.	12, 6 + 6	
	14, 5 + 9	
	16, 6 + 10	
	16, 6 + 10	
	13, 4 + 9	

	Zellenzahl	Vertheilung
IV.	12, 5	+ 1 kleine + 5 + 1 kleine
	12, 5	+ 7
	14, 7	+ 7
	12, 5	+ 7
	13, 5	+ 6 + 2 kleine.

Einige Aufmerksamkeit muss ich den tripolaren und irregulären Zellen schenken, um zu prüfen, ob sie sich nicht an die bipolaren Zellen anreihen und als Modificationen derselben erkennen lassen. Ich habe diese tripolaren Zellen nur sehr selten gesehen und bin daher nicht sicher, in ihrer Auffassung nicht Fehler begangen zu haben, die bei öfters wiederholter Untersuchung vermieden worden wären.

Ganz unzweifelhaft ist mir die Zellform Tafel I, Fig. 4 *B*, die ich relativ am häufigsten gefunden habe. Diese Figur stellt eine bipolare Zelle dar, deren peripherer Fortsatz nach kurzem Verlauf sich theilt. Beide Theilungsäste verlaufen parallel mit einander zur Peripherie. Man kann sich denken, dass ein ander Mal die Theilungsstelle des Fortsatzes noch näher an die Zelle, endlich in die Zelle selbst gerückt ist. Man erhält dann eine Zelle, welche am peripheren Ende zwei, am centralen dagegen nur einen Fortsatz entsendet. Eine solche Zelle ist eine tripolare zu nennen; von ihr zur bipolaren gibt es aber eben so stetige Übergänge wie von der bipolaren zur Ranvier'schen. Eine solche Zelle ist die in derselben Figur mit C bezeichnete, aber mit dem Unterschiede, dass in C die beiden, nach unserer Vorstellung einem getheilten Fortsatze gleichartigen Fasern am centralen Ende der Zelle entspringen, während der periphere Fortsatz einfach ist.

Die Zellformen *D* und *F* derselben Figur sind als Ranvier'sche Zellen aufzufassen, deren einer Fortsatz eine zweite Theilung eingeht, und dieselben sind den echten tripolaren Zellen wie *C* gleichzustellen. Die Unterschiede im Aussehen der beiden Zellen kommen daher, dass die zweite Theilung in dem einen Falle eine gabelige, im anderen eine T-förmige ist, und dass ihre Stelle der ersten Theilung mehr oder weniger genähert ist.

Einen weiteren Beitrag zum Verständniss der tripolaren Zellen mit zwei centralen Fortsätzen wird die Beschreibung der Hinterzellen des Rückenmarks bringen.

Theilungen finden sich nicht nur an Zellfortsätzen, sondern wie erwähnt, auch an durchziehenden und angelehnten Fasern. Es erübrigt hinzuzufügen, dass solche Theilungen auch im Rückenmarke noch zu beschreiben sind. Alle diese Theilungen sind meist gabelig, selten theilt sich eine Faser mehrmals hinter einander. An einer angelehnten Nervenfaser habe ich einmal eine T-förmige Theilung beobachtet. Die Faser zog vom dorsalen in den ventralen Ast hinüber und gab ungefähr in der Mitte des Spinalganglions einen Ast senkrecht auf ihre eigene Richtung ab.

Die häufigen Theilungen in den Nerven von Petromyzon wurden von Stannius[1] aufgefunden.

„Ferner findet man ausserhalb der Centralorgane in den Wurzeln und in deren Nähe bisweilen, obschon selten, freie hüllenlose Axencylinder, welche sich theilen.“

Nach Stannius[2] sind Fasertheilungen in den dorsalen und ventralen Ästen der Spinalnerven bei Fischen überhaupt sehr häufig.

Im Sympathicus sind von mehreren Autoren sogenannte „zusammengesetzte“ Zellen beschrieben worden. Sigm. Mayer[3] hat sie auch in den Spinalganglien gefunden. Man hat diesen Namen Zellen gegeben, welche die mehrfache Grösse anderer Zellen, eine grössere Anzahl von Fortsätzen und mehr als einen Kern besitzen und durch feine Linien in mehrere Stücke getheilt erscheinen, von denen jedes einen Kern einschliesst. Die Auffassung dieser Elemente hängt hauptsächlich davon ab, wie sich die Fortsätze zu den Abschnitten der „zusammengesetzten“ Zelle verhalten. Ich habe einige dieser Zellen einer genauen Untersuchung unterworfen.

---

[1] Stannius in Rud. Wagner's Neurologischen Untersuchungen, 1854, p. 88.

[2] Stannius, Das periphere Nervensystem der Fische. 1849.

[3] Sigm. Mayer, Zur Lehre von der Structur der Spinalganglien und der peripheren Nerven. Vorläufige Mittheilung. Wiener akad. Anzeiger, 1873, p. 54.

In einem Fall, wo ich eine langgestreckte Zelle mit zwei weit von einander entfernten Kernen und zwei starken Fortsätzen vor mir zu haben glaubte, wies die Untersuchung mit Hartnack X nach, dass es sich um eine enge Aneinanderlegung zweier ganz getrennter bipolarer Zellen handle. Jede Zelle hatte ein breites Ende, dass den Kern enthielt und einen starken Fortsatz entsandte, und ein verschmälertes Ende, das sich in einen feinen Fortsatz auszog. Die Zellen lagen so neben einander, dass das schmale Ende der einen sich an das breite Ende der anderen schmiegte, während die feinen Fortsätze kurz abgebrochen waren. Die Anlagerung war eine so enge, dass sie nicht zu erkennen war, bevor man nicht durch Druck auf's Deckglas die Zellen von einander getrennt hatte. Dann waren bei starker Vergrösserung aber auch die feinen Fortsätze sichtbar.

Ein Fall einer Doppelzelle ist in Tafel I, Fig. 2 *dpz* abgebildet. Die beiden Segmente der Zelle sind durch eine deutliche, homogene und schwach gefärbte Zwischenschichte getrennt. Vom vorderen Segmente entspringt ein centraler, vom hinteren zwei periphere Fortsätze. Nachdem die Zelle aus dem Spinalganglion isolirt und mit stärkeren Vergrösserungen betrachtet worden, zeigte sich noch ein vierter, centraler, Fortsatz in der mit *x* bezeichneten Ecke des hinteren Segmentes. Diese Zelle entsprach also nach Grösse, Anzahl und Art ihrer Fortsätze zwei bipolaren; man konnte aber doch nicht behaupten, dass sie eine Zusammenlagerung zweier gesonderter Zellen sei, weil man die beiden peripheren Fortsätze nur bis zum hinteren Segment verfolgen konnte, nicht aber den einen davon bis zum vorderen.

Eine andere Zelle aus einem Spinalganglion war dreimal so gross als die umgebenden und zeigte in situ zwei centrale und drei periphere Fortsätze. Der mittelste periphere Fortsatz theilte sich nach kurzem Verlauf. Als die Zelle isolirt und etwas gedrückt war, zeigten sich an ihr Spalten als Andeutung einer Zusammensetzung aus drei Theilstücken, von denen das mittlere das grösste war, und ein dritter centraler Fortsatz. Es war also wiederum eine Zelle mit ebensoviel peripheren als centralen Fortsätzen. Es lassen sich niemals durch Druck die einzelnen Segmente mit den ihnen zugehörigen Fortsätzen von einander trennen, daher es zweifelhaft bleibt, welcher Art die Verbindung der Zellabschnitte ist.

Zusammengesetzte Zellen finden sich auch ausserhalb des Spinalganglions in der Nähe der Spinalarterie und im Zusammenhang mit gefässbegleitenden Fasern. An einer solchen dreifachen Zelle sah ich einmal ganz deutlich, dass von jedem Segment zwei Fortsätze ausgingen, die mit den anderen Segmenten in keiner Verbindung standen.

Die in den peripheren Verlauf des dorsalen oder ventralen Astes eingelagerten Zellen sind entweder so gross wie die Spinalganglienzellen und ihnen in jeder Beziehung ähnlich, oder sie sind kleiner und zeigen dann mancherlei Eigenthümlichkeiten. Manchmal haben sie anstatt des Kernes 3—5 helle Flecke, die wohl Kerne sein könnten, da sich der Kern an vergoldeten Präparaten nur als heller Fleck markirt. Sie sind entweder bi- oder tripolar, das letztere gewöhnlich dort, wo der Nerv einen Ast abgibt.

In feineren Nervenstämmen, besonders in den Flossennerven, finden sich zusammengesetzte Zellen, die, wie mir scheint, nicht durch Aneinanderlagerung von bipolaren entstanden sein können. Sie sehen so aus, als ob eine bipolare Zelle in der Mitte zerschnitten und die Theilstücke wieder zusammengelegt wären Jeder der Abschnitte hat seinen Kern und übergeht in einen Fortsatz, die Abschnitte berühren sich mit ebenen Flächen und sind durch eine schmale, homogene Zwischenschichte von einander getrennt. An den Rändern stehen die beiden Abschnitte oft etwas von einander ab. Man begegnet daneben Zellen, die zwei Kerne und die Gestalt der zusammengesetzten haben, denen aber eine Trennungslinie fehlt; bei anderen ist sie eben angedeutet.

Es ist Stannius[1] aufgefallen, dass die Nervenwurzeln bei Petromyzon im Vergleich mit den Ästen dünn zu nennen sind. „Die Wurzeln der Nerven sind unverhältnissmässig fein und dünn im Vergleich zu den Nerven. Die Ursache dieses Missverhältnisses habe ich soeben berührt.“ (Stannius gibt an, dass die Nervenwurzeln erst nach ihrem Austritt aus den Centralorganen eine Hülle empfangen.) „Eine zweite liegt darin, dass die in einen bipolaren Ganglienkörper eintretende Nervenfaser oft

[1] Neurologische Untersuchungen, l. c. p. 88.

ausserordentlich fein ist, während die austretende Faser sehr viel breiter zu sein pflegt. Die austretende Faser ist bisweilen 6—7mal breiter als die eintretende. Es findet eine Verbreiterung der Markmasse und Erweiterung der Hülle statt, ferner findet man ausserhalb der Centralorgane in den Wurzeln und in deren Nähe bisweilen, obschon selten, freie, hüllenlose Axencylinder, welche sich theilen. Dass hiemit die Ursachen des Missverhältnisses zwischen der Stärke der Wurzeln und der Nerven erschöpft sind, glaube ich nicht.“

Die hauptsächlichste Ursache dieses Missverhältnisses ist das Vorhandensein der angelehnten Fasern, welche die Äste der Spinalnerven verbinden, ohne in ihre Wurzel zu treten. Auf den anderen, von Stannius geltend gemachten Grund, dass die centralen Fortsätze schmäler seien als die peripheren, kann ich nicht so viel Gewicht legen, obwohl dieses Verhältniss von sämmtlichen Autoren über die Spinalganglien von Petromyzon behauptet wird. Ich vermuthe, dass es für die Hirnnervenganglien, besonders für das Ganglion Gasseri, auf das sich die Autoren oft beziehen, eher Regel ist. In den Spinalganglien des Schwanzes fand ich oft genug beide Fortsätze gleich stark, wie es auch meine Abbildungen zeigen.

Man überzeugt sich leicht, dass der Durchmesser derselben Nervenfaser an verschiedenen Stellen ihres Verlaufes bei Petromyzon ein sehr verschiedener sein kann. So sind die breiten, durchziehenden Nervenfasern in dem Spinalganglion bandförmig, auf der Pia mater aber drehrund und in Folge dessen viel schmäler. Oft erkennt man in einem Ast der Wurzel eine breite Faser, die in der dazu gehörigen Wurzel nicht aufzufinden ist.

Eine sehr auffällige Veränderung in der Faserstärke fand ich nach Chromsäurehärtung an den vorderen Wurzelfasern von sehr kleinen Ammocoetes. Zieht man das vordere Blatt der Pia mater vom Rückenmark ab, so werden die vorderen Wurzeln aus dem Rückenmark herausgerissen und bleiben an der Pia mater haften. Die vorderen Wurzelfasern sind sehr stark, so lange sie auf der Pia bleiben, verschmälern sich aber plötzlich, wo sie aus dem Rückenmark herausgerissen sind. Das Verhältniss ist das des Stiels einer Peitsche zur Geissel. Wie viel von dieser Erscheinung der Härtung zuzuschreiben ist, ist schwer zu sagen. Man

muss daran denken, dass die Nervenfasern in der Pia mater in eigenen Scheiden, im Rückenmark frei durch die Stützsubstanz verlaufen.

Eine andere auffällige Änderung im Durchmesser von Nervenfasern findet sich im Endstück des *Nervus lateralis*. Dieser Nerv, der als Ast des *vagus* und *facialis* aus einem besonderen Ganglion entspringt,[1] ist von Langerhans weit nach hinten verfolgt worden, während J. Müller nur sein vorderes Stück kannte. Wo dieser Nerv endet, ist nicht bekannt, er reicht aber nicht so weit als das Rückenmark. Ich habe mehrmals gefunden, dass in sein Endstück ein aus bipolaren und tripolaren Zellen bestehendes Ganglion eingeschaltet ist. Kurz vor diesem Ganglion verbreitern sich einige Fasern plötzlich zu knotigen oder spindelförmigen Anschwellungen, die sich stärker färben, die man für Nervenzellen erklären würde, wenn sie nicht kernlos wären. Bisher ist man nie in die Nothwendigkeit versetzt gewesen, eine kernlose Zelle für eine Nervenzelle zu erklären.

Bildungen, die viel Ähnlichkeit mit den eben beschriebenen haben, finde ich bei Beale[2] dargestellt. Es heisst darüber im Text: „A good example of the varying diameter of darkbordered fibres within a short distance is represented in fig. 39“ und in der Figurenerklärung wird bemerkt: „Part of trunk of pneumogastric, where it passes through an opening in the base of the skull.“ Einige der Anschwellungen haben einen Kern, andere nicht Eine feine Faser nimmt kurz hinter einander zwei Anschwellungen auf.

Eine andere Quelle der Variabilität im Faserdurchmesser wird aber durch die gebrauchten Methoden eingeführt. Ich gebe mich nicht der Täuschung hin, dass die Behandlung des frischen Präparates mit $^1/_2\%$ Goldchloridlösung und die nachfolgende Maceration in Salzsäure die Dimensionen der Fasern unverändert lassen. Die Veränderungen mögen selbst nicht immer dieselben sein. In einigen Spinalganglien scheinen die Fortsätze der Ganglienzellen zu den feinen, in anderen zu den mittelstarken zu gehören. —

---

[1] Langerhans, l. c. p. 5.

[2] Beale, l. c. p. 560 und Plate XXXIX, Fig. 39.

Dass die Spinal- oder Intercostalarterie nur von zwei Fasern begleitet wird, ist das einfachste Verhältniss. Manche Präparate zeigen einen viel grösseren Reichthum an Nervenfasern um die Gefässe, welche dieselben eine Strecke weit begleiten und dann andere Richtungen einschlagen. Die feinsten Ausläufer dieser Fasern sind varikös, liegen auf den Gefässen oder beschreiben Spiraltouren um dieselben.

Die meisten der kleinen Nervenzellen in der Nähe der Gefässe lassen keinen Zusammenhang mit der hinteren Wurzel erkennen; es folgt daraus nicht, dass sie ausser Zusammenhang mit dem Centralorgan sind. Kennen wir es doch als eine Eigenthümlichkeit der sympathischen Fasern, dass sie, aus einem *Ramus communicans* kommend, an vielen anderen vorbeiziehen, bevor sie ihrer peripheren Endigung entgegengehen.

Was den Zusammenhang der die Gefässe umlagernden und begleitenden nervösen Elemente mit den Wurzeln betrifft, so habe ich einige Beobachtungen mitzutheilen, die zu unvollständig sind, die Frage zu entscheiden. Ich werde aber vielleicht Gelegenheit haben, auf die Gefässnerven von Petromyzon zurückzukommen.

Einige Fasern des dritten, sogenannten sympathischen, Astes sah ich in Zellen enden, welche dem Spinalgefässe anlagen. Eine der gefässbegleitenden Fasern sah ich mitunter aus einem Ast der hinteren Wurzel kommen. In Tafel IV, Fig. 1, ist es der ventrale Ast. In vielen Fällen kann man sich aber überzeugen, dass die gefässbegleitenden Fasern nicht aus der Wurzel desselben Segmentes stammen.

Das Spinalgefäss begleitet immer die hintere Wurzel, während die ein halbes Wurzelgebiet davon entfernte vordere Wurzel kein begleitendes Gefäss hat. Es mag das wohl davon kommen, dass die Zellen des Spinalganglions die unmittelbare Nähe des Gefässes benöthigen. Immer knüpft sich im Nervensystem bessere Vascularisirung eher an Anhäufung von Nervenzellen als von Nervenfasern.

Dass die gefässbegleitenden Fasern, die zum Theil aus der hinteren Wurzel stammen, die Innervation der Gefässe besorgen, lässt sich nicht beweisen, weil die Muskelelemente des Gefässes durch die Maceration zu sehr leiden.

Es gibt angelehnte Fasern, welche nicht vom dorsalen in den ventralen oder sympathischen Ast ziehen, sondern, nachdem sie einem Ast einer Wurzel eine Strecke weit gefolgt sind, denselben verlassen, ein Stück weit der Wurzel parallel laufen und dann irgend welche Wege einschlagen. Fig. 2, Tafel IV, zeigt solche Fasern, von denen sich eine als ein Theilungsast einer stärkeren, der Wurzel parallel laufenden Faser erweist. An einem Präparat, welches zwei aufeinander folgende Spinalganglien mit ihrer Wurzel und ihren Ästen enthielt, sah ich, dass eine Faser, die aus der oberen Wurzel kam und zwischen deren beiden Ästen als durchziehende Faser verlief, in den dorsalen Ast der unteren Wurzel als angelehnte Faser eintrat.

V. Über die Beziehungen der Spinalganglien zum Rückenmark.

Ich muss mich an dieser Stelle anklagen, dass ich mich mit Unrecht für den ersten gehalten habe, der den Ursprung hinterer Wurzelfasern aus Zellen bei Petromyzon nach directen und unzweifelhaften Beobachtungen beschrieben hat. Kurz nach Veröffentlichung meiner citirten Abhandlung fand ich in den Referaten aus der russischen Literatur von Stieda[1] einen Auszug einer Abhandlung von Kutschin, welche wichtige Mittheilungen über den Ursprung der hinteren Wurzelfasern machte. Durch die Güte des Herrn Prof. Stieda in Dorpat, der mir auf Ansuchen die in russischer Sprache geschriebene Abhandlung einsandte, konnte ich die Abbildungen Kutschin's prüfen und überzeugte mich, dass Kutschin den Ursprung hinterer Wurzelfasern aus Hinterzellen schon 1863 an beweisenden Präparaten gesehen hatte. Ich kann zu meiner Entschuldigung nur anführen, dass Kutschin's Angaben — vielleicht weil seine Abbildungen den deutschen Histologen nicht zugänglich waren — allgemein vernachlässigt wurden.

Kutschin hat seine Untersuchungen an *Petromyzon fluviatilis* gemacht. Er behauptet, dass obere (hintere) Wurzeln entspringen aus den Hinterzellen, die er Zellen der Centralgruppe

[1] Max Schultze's Archiv, II. B. 1866.

nennt, derselben und der gekreuzten Seite und aus den kleinen Zellen, die zwischen den grossen Vorderzellen und den Hinterzellen liegen.[1] Die letzteren Angaben will ich nicht in Zweifel ziehen, aber ich kann sie nicht bestätigen.

„Kutschin verfolgte einen Fortsatz" (einer kleinen Zelle) „in die obere *Commissur*, einen andern zu der obern Wurzel." — „Einmal konnte der Fortsatz einer kleinen Nervenzelle in die obere *Commissur* hinein und durch dieselbe hindurch bis zum Abgang der obern Wurzel der andern Seite verfolgt werden."

. . . . . „Die obere Wurzel bildet ein feines Bündel; die Fasern derselben laufen eine ansehnliche Strecke an der Oberfläche des Markes und treten näher zur Mittellinie in dasselbe ein, als die untere Wurzel. Gleich nach dem Eintritt ziehen die Fasern nach hinten und vorn, Bogen bildend, auseinander. Die Fasern kommen zum Theil von den kleinen Nervenzellen der entsprechenden Hälfte, zum Theil von den kleinen Zellen der entgegengesetzten Hälfte (die Fasern der oberen *Commissur*) und zum Theil von den Zellen der Centralgruppe.[2]"

Einmal sah Kutschin von einer Hinterzelle zwei Fortsätze zur hinteren Wurzel gehen.

(Ein anderer Auszug der Abhandlung von Kutschin findet sich in den „Mélanges biologiques tirés du Bulletin de l'Académie Impériale de St. Pétersbourg", Tome IV.)[3]

Es ist Kutschin auch aufgefallen, dass die Zellen der Spinalganglien denen der Centralgruppe ähnlich sind. Diese Ähnlichkeit bezieht sich in der That sowohl auf ihre Form als auf ihre Beziehungen zur hinteren Wurzel.

Die Hinterzellen sind meist bipolar, mit zwei an entgegengesetzten Polen entspringenden, nach oben und unten verlaufenden Fortsätzen, von denen einer der Wurzelfortsatz ist. Diese

---

[1] Kutschin, Über den Bau des Rückenmarkes des Neunauges, p. 529.

[2] Vergl. auch Reissner, Beiträge zur Kenntniss vom Bau des Rückenmarkes von *Petromyzon fluviatilis*. Müller's Archiv 1860, p. 560.

[3] Über die Inauguraldissertation des Herrn Dr. Kutschin das Rückenmark der Neunaugen betreffend, nebst einigen eigenen Beobachtungen über das Rückenmark der Knochenfische und anderer Thiere" von Ph. Ofsianikof.

Form entspricht der gewöhnlichen Form der bipolaren Zelle im Spinalganglion.

Es können aber auch genau wie im Spinalganglion die Fortsätze der Hinterzellen an den verschiedensten Punkten der Zelle und einander sehr genähert entspringen. Ranvier'sche Zellen habe ich unter den Hinterzellen nicht gefunden, doch muss man bedenken, dass es viel schwerer ist die Hinterzellen als die Spinalganglienzellen isolirt zu beobachten.

In meiner ersten Abhandlung[1] habe ich von schiefen Fortsätzen der Hinterzellen gesprochen und angegeben, dass ich nichts über deren Verlauf beobachtet habe. Ich habe seitdem Längsschnitte und ganze Längsansichten des Rückenmarks untersucht und mich überzeugt, dass die schiefen Fortsätze zu Wurzelfasern werden. Die schiefen Fortsätze sind keine von den Längsfortsätzen verschiedene Art, so wenig wie die queren Fortsätze, die ich in Fig. 1 und 2 meiner ersten Abhandlung dargestellt habe, sondern es sind immer dieselben Wurzelfortsätze, welche einen verticalen oder queren oder jeden zwischen den beiden gelegenen Verlauf nehmen können, bevor sie in die Wurzel eintreten. Quer sind diese Fortsätze dann, wenn die Hinterzelle im Niveau des Wurzeleintritts liegt; dieser Ursprung der hinteren Wurzelfasern ist dann auch auf dem Querschnitt des Rückenmarks zu sehen. Liegt die Zelle aber höher als die Wurzel, zu der sie eine Faser schickt, so steigt die letztere entweder im Bogen zur Wurzel herab, oder sie verläuft zuerst senkrecht nach abwärts und knickt dann rechtwinklig um, wenn sie das Niveau des Wurzeleintritts erreicht hat. Ähnlich, wenn die Zelle tiefer liegt als die Wurzel, der sie angehört. Es ist daher irrthümlich, wenn die Autoren, Reissner und Kutschin, den Wurzelfortsatz als einen dritten von den beiden, leicht zu sehenden Längsfortsätzen scheiden.

Wie unter den Spinalganglienzellen, gibt es auch unter den Hinterzellen tripolare.

Nach Stilling[2] sind „auch die sogenannten bipolaren grossen Nervenzellen im Rückenmark von Petromyzon nur unge-

[1] l. c. p. 6.

[2] Stilling, Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks. 1859, p. 993.

nügend erkannte multipolare Zellen. Ich habe mit aller Evidenz von manchen dieser Zellen 3—4 Fortsätze nach verschiedenen Richtungen abgehen sehen. Die Längsschnitte zeigen freilich in den meisten Fällen nur zwei Pole, von welchen in entgegengesetzter Richtung entspringende Fortsätze abgehen".

In dieser Allgemeinheit kann ich die Behauptung Stilling's nicht als richtig anerkennen. Ich habe aus dem Rückenmark von *P. marinus* nach Goldbehandluug Hinterzellen isolirt, die bloss bipolar waren, von deren Fortsätzen einer nach längerem Verlauf rechtwinklig geknickt war zum Übergang in die Wurzel. Auch an den gleich zu erwähnenden oberflächlichen Hinterzellen kann man sich von der überwiegenden Häufigkeit rein bipolarer Elemente überzeugen. In den Fällen, wo ich tripolare Zellen unter den Hinterzellen erkannte, waren die Fortsätze nur auf so kurze Strecken zu verfolgen, dass ich über ihren Verlauf nichts aussagen kann. Ob der über den Centralcanal gehende Fortsatz zum Wurzelfortsatz wird, wie Kutschin will, weiss ich nicht.

Wie erwähnt, sah Kutschin einmal eine Hinterzelle mit zwei peripheren Fortsätzen. Diese kann nicht ohne centrale Verbindung gewesen sein. Im einfachsten Fall hatte sie noch einen centralen Fortsatz und ist dann den tripolaren Formen, die ich aus dem Spinalganglion beschrieben habe, an die Seite zu stellen.

Die Grössenunterschiede der Spinalganglienzellen finden sich auch unter den Hinterzellen und zwar überwiegen hier die grösseren Elemente, wie im Spinalganglion die kleineren.

Interessant ist, dass auch räumliche Übergänge zwischen den Spinalganglienzellen und den Hinterzellen bestehen. Es ist hier nöthig, den Verlauf einer hinteren Wurzel zu recapituliren.

Der dorsale und ventrale Ast derselben verlaufen in einer sagittalen Ebene (wenn man sich das Thier aufgerichtet und nach dem Menschen orientirt denkt); wo sie zur Bildung der Wurzel zusammentreffen, nehmen sie Spinalganglienzellen in sich auf; die Wurzel verläuft dann in querer Richtung gegen die Medianebene, durchsetzt das die Chorda umgebende Gewebe, die *Dura mater*, den Arachnoidealraum, tritt dann in die *Pia mater* ein und behält noch in dieser den queren Verlauf bei. Nahe der Medianebene des Rückenmarks verlässt die Wurzel den

queren Verlauf und geht in den senkrechten über, ein Theil der Fasern biegt nach oben und unten um und bleibt oberflächlich auf dem Rückenmark liegen, ein anderer senkt sich sofort ins Rückenmark ein. Sowohl von den oberflächlich verbleibenden, als von den in's Rückenmark eindringenden Fasern, begibt sich ein Theil zu Hinterzellen, die in der Tiefe des Rückenmarkes liegen.

Es finden sich aber vereinzelte, den Hinterzellen ganz ähnliche Elemente auch in der queren und in der verticalen Verlaufsstrecke der hinteren Wurzel. Die in den queren Verlauf eingelagerten Zellen sind seltener, man sieht sie mitunter auf Flächenschnitten der *Pia* und der umgebenden Gewebe (Fig. 1 und 2 *qhz*, Tafel III); sie sind bipolar und liegen mitunter in Kapseln wie die Spinalganglienzellen (Fig. 1, Tafel III, *qhz*). Viel häufiger findet man die in den verticalen Verlauf der Wurzelfasern eingestreuten oberflächlichen Hinterzellen auf.

Ich fand diese Zellen sehr nahe dem Eintritt der Wurzel oder weiter nach oben und unten von ihr entfernt, stets aber in dem Gebiet derjenigen Wurzel, zu der sie ihre Faser schicken. In ihnen endet eine der oberflächlichen Fasern, sei es eine auf- oder absteigende.

Wenn man die *Pia mater* an Präparaten, die in Chromsäure oder in Pikrinsäure gehärtet worden, vom Rückenmark abzieht, bleiben diese Zellen mit den oberflächlichen Fasern an der *Pia mater* haften und geben das denkbar günstigste Object für die Demonstration der Einschaltung von Zellen in Fasern der hinteren Wurzel. Auf diese Weise ist das Präparat Tafel II, Fig. 3, erhalten worden.

Die Fig. 1 in Tafel III stellt einen Flächenschnitt oder transversalen Längsschnitt durch die *Pia* dar, welcher die oberflächlichen Fasern und Hinterzellen, die hier in reichlicher Anzahl vorhanden sind, vom Rückenmark getrennt hat.

Die oberflächlichen Hinterzellen können die regelmässigsten schmalen oder breiten Spindeln darstellen und so den typischen Spinalganglien und Hinterzellen vollkommen gleichen. Gewöhnlich sind sie jedoch länger, ihr peripheres Ende ist sehr lang ausgezogen, übergeht in den Wurzelfortsatz sehr allmälig, ihr centrales Ende ist keulenförmig angeschwollen und der feine

centrale Fortsatz sitzt ihm mit einer kurzen konischen Wurzel auf (Tafel III, Fig. 3, Fig. 4).

Sehr oft ist der centrale Fortsatz kurz abgebrochen, was wohl daher kommt, dass er sich bald ins Rückenmark einsenkt, also beim Abziehen der *Pia mater* abreisst.

Ich habe in anderen Fällen den centralen Fortsatz der Zelle, der gleich stark war wie der periphere, über ein halbes Wurzelgebiet verfolgt.

Die Wurzelfortsätze der oberflächlichen Hinterzellen gehören zu den mittelstarken Fasern, es ist ihnen eine sehr scharfe, rechtwinkelige oder fast spitzwinkelige Umbiegung aus dem verticalen in den queren Verlauf eigenthümlich, während die zu den tiefer liegenden Hinterzellen aufsteigenden Fasern sanfte Bögen beschreiben. In der Vertheilung der oberflächlichen Hinterzellen ist keine Regelmässigkeit aufzufinden. An manchen Präparaten fehlen sie durch viele Wurzelgebiete; in anderen sind sie in jedem Wurzelgebiete oft in mehrfacher Zahl vorhanden. Sie finden sich sowohl im obersten Kiemenmark als im Caudalmark; wo sie vorkommen, sind sie assymmetrisch angeordnet. Aus der Beschreibung geht hervor, dass sie keine grösseren Unterschiede von den Spinalganglienzellen oder tiefen Hinterzellen darbieten, als diese untereinander; in der wichtigsten Eigenschaft, dem Verhältniss zu den hinteren Wurzelfasern stimmen sie mit beiden überein. Dass sie sämmtlich die Fortsätze an entgegengesetzten Polen entstehen lassen und keinerlei von den Modificationen zeigen, die durch die Verschiebung der Faserursprünge an den Spinalganglien- und tiefen Hinterzellen entstehen, kommt wohl daher, dass sie in locker angeordnete, längsverlaufende Fasern eingeschaltet sind.

Zweimal sah ich oberflächliche Hinterzellen, die am centralen Ende zwei Fasern entstehen liessen. Es war genau das Bild der Zelle *C* in Fig. 4, Tafel I, die ich in einem Spinalganglion gefunden habe.

Neuere Funde über die Entwicklung der Spinalganglien sind geeignet, diesen zwischen Spinalganglien und Hinterhorn vermittelnden Zellen ein hohes Interesse zu leihen. Nach älteren Angaben entstehen die Spinalganglien an Ort und Stelle aus dem mittleren Keimblatt, aber nach den übereinstimmenden Angaben

von Hensen[1] und von Schenk[2] entstehen die Spinalganglien als Verdickungen der Rückenmarksanlage und entfernen sich später von derselben, indem sich ihr Stiel, die hintere Wurzel, bildet und verlängert.

Hensen:[3] „Von den hinteren Theilen des Markes treten Zellen in den Raum zwischen Mark und Urwirbel, um dort allmälig eine compacte, zunächst dem Marke dicht anliegende und an den Seiten desselben sich bis etwa zur Mitte herabschiebende Zellenmasse zu bilden. Die Zellen trennen sich dabei nicht von den Zellen des Markes, sondern bleiben durch Fäden, die Nerven der hinteren Wurzel, mit ihnen verknüpft. Von den auf diese Weise ausgestülpten Zellen gehen auch periphere Fäden ab; es ist mir jedoch nicht geglückt, dieselben erheblich weit zu verfolgen. Später entfernt sich das Ganglion unter dem Einfluss der fortschreitenden Bindegewebswucherung mehr vom Mark und es beginnt in der bereits bekannten Weise weiter bauchwärts zu rücken."

Hensen fügt hinzu: „Eine besonders beachtenswerthe Bestätigung meiner Angaben finde ich in Balfour's[4] Beschreibung der Ganglienentwicklung bei Haien, die, soweit man erkennen kann, ganz mit derjenigen von Säugethieren übereinstimmt".

Diese Thatsache der Entwicklungsgeschichte gibt eine gute Erklärung für das Vorkommen der oberflächlichen Zellen auf halbem Weg zwischen Spinalganglion und Hinterhorn. Wenn die Anlage des Spinalganglions dieselbe ist wie die des Hinterhorns, und die Spinalganglien sich durch Verlängerung ihres Stiels vom Rückenmark entfernt haben, darf es nicht Wunder nehmen, wenn bei einem Thier, das in vieler Hinsicht einen permanenten Embryo darstellt, sich zurückgebliebene Zellen vorfinden, die den Weg bezeichnen, den die Spinalganglienzellen einst gewandert sind.—

---

[1] Hensen, Beobachtungen über die Befruchtung und Entwickelung des Kaninchens und Meerschweinchens. Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Bd. I. 1876.

[2] Schenk, Die Entwicklungsgeschichte der Ganglien und des *Lobus electricus*. Diese Berichte, LXXIV. Bd., 1876, p. 15.

[3] l. c. p. 377.

[4] Balfour, On the Development of the Spinal Nerves in Elasmobranch Fishes. Phil. Trans. vol. 166.

Sowie es im Spinalganglion Fasern gibt, welche mit Bezug auf die Nervenzellen daselbst als durchziehende zu bezeichnen sind, so gibt es in der hinteren Wurzel auch Fasern, welche sich nicht mit Hinterzellen verbinden. Ich habe dies schon in meiner ersten Abhandlung ausgesprochen, gestützt auf Zählungen, welche ergaben, dass die Zahl der Hinterzellen eines Stückes Rückenmark zwischen zwei Wurzeln viel geringer ist als die der Fasern in der hinteren Wurzel. Aber ich sprach mich nicht mit voller Sicherheit aus. Meine neueren Erfahrungen lassen mich dasselbe jetzt mit Bestimmtheit aussagen.

Ich habe an einem Stück Rückenmark aus den mittleren Regionen des Thieres auf einer Seite 43, auf der anderen 48 aufeinanderfolgende Wurzelgebiete durchgezählt.

Es ergab sich auf der Seite der 43 Wurzelgebiete:

2	Zellen	—	1mal
3	„	—	1mal
5	„	—	6mal
6	„	—	9mal
7	„	—	9mal
8	„	—	10mal
9	„	—	4mal
10	„	—	2mal
11	„	—	1mal

Summa: 299 : 43 = 6·95.

Ein Mittel von 6·95 Zellen in einem Wurzelgebiet.

Auf der anderen Seite:

5	Zellen	—	11mal
6	„	—	6mal
7	„	—	16mal
8	„	—	8mal
9	„	—	3mal
10	„	—	2mal
11	„	—	1mal
12	„	—	1mal

Summa 337 : 48 = 7·02.

Aus der Zählung von 91 Wurzelgebieten ergibt sich also mit grosser Genauigkeit ein Mittel von 7 Zellen in einem Wurzelgebiet.

Das Minimum von 2 Zellen kam nur 1mal
„ „ „ 3 „ „ „ 1mal
Das Maximum von 11 „ „ „ 2mal
„ „ „ 12 „ „ „ 1mal unter 91malen vor.

Eine hintere Wurzel aus derselben Region erlaubt zwar nicht ihre Fasern genau zu zählen, aber man kann doch feststellen, dass über 30, wahrscheinlich gegen 50 Fasern in der hinteren Wurzel sind, wo sie in die *Pia mater* eintritt. Der grösste Theil davon sind feine Fasern. $30 \times 91 = 2730$ Fasern können aber nicht aus $299 + 337 = 566$ Zellen entspringen. Im günstigsten Falle entspringt also ein Fünftel der Fasern der hinteren Wurzel aus den Hinterzellen des betreffenden Segments.

Es gibt nun allerdings Fasern, welche in entferntere Wurzelgebiete aufsteigen, aber es gibt auch im Halsmark nicht mehr als 7 Zellen im Wurzelgebiet. In der *Medulla oblongata* endlich hören die Hinterzellen auf. Es ist immer möglich, dass andere Zellen von anderem Aussehen dort in ähnliche Beziehungen zu aufsteigenden hinteren Wurzelfasern treten, aber mit Bezug auf die anatomisch gut charakterisirten Hinterzellen im Rückenmark muss man die grössere Zahl von Wurzelfasern für durchziehende Fasern erklären.

Es kann nun die Frage aufgeworfen werden, ob die Fasern, welche sich im Spinalganglion nicht mit Zellen verbinden, auch im Hinterhorn die Verbindung mit Hinterzellen vermeiden, oder ob sich die Spinalganglien- und Hinterzellen derart ergänzen, dass die Fasern, welche im Spinalganglion durchziehende sind, im Rückenmark aus Hinterzellen entspringen und umgekehrt. In letzterem Falle könnte es sich so verhalten, dass alle Fasern der hinteren Wurzeln mit Zellen entweder im Spinalganglion oder im Hinterhorn zusammenhängen, oder es könnte noch ausserdem eine Anzahl von Fasern geben, die an beiderlei Zellen vorbeigehen.

Die Entscheidung der zuerst aufgeworfenen Frage kann am besten durch directe Beobachtung einer Faser geschehen, welche von einer Hinterzelle kommt und im Spinalganglion eine durchziehende ist. Es wäre für unsere gegenwärtigen Methoden nicht gerade unmöglich, obwohl sehr schwierig, ein solches Bild zu

erhalten. Aber ich war nicht so glücklich und der Mangel an frischem Material, der hier alljährlich zur Zeit des Hochwassers eintritt und durch den Sommer anhält, hat meine Versuche frühzeitig aufgehalten. Ich kann daher keine befriedigende Antwort auf die aufgeworfenen Fragen geben und habe dieselben nur gestellt, weil ich doch Einiges mitzutheilen habe, was zum Anlass dienen kann, die eine Ansicht für die wahrscheinlichere zu erklären.

Die Ähnlichkeit der Hinterzellen und Spinalganglienzellen, das Vorkommen von Zellen an verschiedenen Strecken zwischen Spinalganglion und Hinterhorn, endlich die der Entwicklungsgeschichte entnommene Thatsache, dass die Spinalganglienzellen bloss aus dem Rückenmark herausgerückte Elemente des Hinterhorns sind, lassen es wahrscheinlich erscheinen, dass Spinalganglien- und Hinterzellen Elemente von gleicher Bedeutung sind, jede Zelle dazu bestimmt, eine Faser der hinteren Wurzeln in sich aufzunehmen. Spinalganglion und Hinterhorn würden zusammen eine Zellenmasse für den Ursprung der hinteren Wurzel bilden, die vergleichbar ist den Zellenmassen in den Vorderhörnern, aus denen die vorderen Wurzeln entstehen. Auch für die Vorderzellen liegt es ja näher, anzunehmen, dass jede Zelle eine Faser entsendet, als dass eine Faser durch zwei Zellen passirt, und andere leer ausgehen.

Würde der Fortsatz einer Spinalganglienzelle im Rückenmark noch durch eine Hinterzelle gehen, so würde ein Stück einer hinteren Wurzelfaser eine Commissur zwischen zwei bipolaren Zellen darstellen. Bei Stannius[1] finde ich eine solche Verbindung beschrieben und abgebildet:

„Ich sah bei *Spinax acanthias* in der Ganglienmasse an der Basis vom Stamme des *N. maxillaris superior* einen Ganglienkörper, aus welchem zwei mittelbreite Primitivröhren hervorgingen. Die eine Röhre erschien lang und einfach; die zweite setzte sich sehr bald wieder in einen Ganglienkörper fort und aus dem ihrer Eintrittsstelle gegenüber liegenden Punkte ging abermals eine Primitivröhre hervor. Der Weg, den jene Primitivröhre von ihrer Austrittsstelle aus dem einen Ganglienkörper bis

[1] Stannius, Das periphere Nervensystem der Fische. 1849. p. 149. Tafel IV, Fig. 12.

zu ihrem Eintritte in den zweiten zurücklegte, war äusserst kurz; er war um die Hälfte kürzer, als der Längendurchmesser eines Ganglienkörpers.— Diese Beobachtung war so rein und ungetrübt, wie nur immer möglich; . . . . .“

Commissuren von Nervenzellen im Rückenmark und im Spinalganglion habe ich nicht gesehen; auch suchte ich in den Nervengeflechten der Flossen, welche zahlreiche bipolare und tripolare kleine Zellen enthalten, ohne Erfolg nach Fasern, welche zwei Zellen mit einander verbinden. Aber eine wirkliche Zellenanastomose kann ich von den gefässbegleitenden Nervenelementen beschreiben und habe sie auf Tafel IV (Fig. 2 *C*) abgebildet.

Die eine der Zellen erschien spindelförmig und bipolar; der eine ihrer Fortsätze verästelte sich in der Nähe des Gefässes, der andere lief zwischen dem ventralen Nerven und seinem Gefässe und wurde zum Fortsatz der zweiten Zelle. Diese stellte einen merkwürdigen Übergang zwischen einer einfachen und einer zusammengesetzten Zelle dar. An dem Ende, wo sie den Commissurfortsatz empfing, war sie einfach, am entgegengesetzten spaltete sie sich in zwei weit von einander abstehende Zellleiber, von denen jeder seinen besonderen Kern und Fortsatz hatte. Die Anwendung stärkerer Vergrösserung liess ein neues Detail erkennen, das ich nicht abgebildet habe. Es erschien nämlich auch die erste Zelle als Doppelzelle, indem sich neben ihr ein schwach gefärbter Zellleib mit deutlichem Kern zeigte. Für die Einfachheit der Commissurfaser kann ich demnach nicht einstehen, aber ich glaubte, mich zu überzeugen, dass die Commissurfaser wirklich mit beiden Zellen in Verbindung steht und nicht etwa über die eine hinwegzieht.

Man könnte einen anderen Weg einschlagen, um zur Klarheit über das Verhältniss der Spinalganglienzellen zu den Hinterzellen zu kommen. Man müsste an vielen aufeinanderfolgenden Wurzeln die Spinalganglienzellen und die Hinterzellen zählen, so dass man über die zusammengehörigen Zahlen nicht im Zweifel ist. Wenn Hinterzellen und Spinalganglienzellen durch Commissurfasern verbunden sind, so muss an jeder Wurzel die Anzahl der Hinterzellen gleich sein der der Spinalganglienzellen. Verbinden sich hingegen mit den Hinterzellen Fasern, die keine Verbindung mit den Spinalganglienzellen haben, so würde auch

die Summe von beiderlei Elementen eine constante sein oder eine constante Beziehung zur Fasermenge der Wurzel darbieten.

Dieser Plan war aber nicht ausführbar, weil ich keine Methode besass, das Rückenmark im Zusammenhang mit den Spinalganglien in solchem Zustand zu isoliren, dass man die Hinterzellen zählen kann. Es trifft sich auch sehr unglücklich, dass man Hinterzellen und Spinalganglienzellen nicht in derselben Region zählen kann, wenn man schon darauf verzichtet, sie an demselben Präparat zu zählen. Ich habe die Hinterzellen aus der Mitte des Thieres zählen können und, wie erwähnt, einen Durchschnitt von 7 Zellen gefunden; die Spinalganglienzellen konnte ich in der Schwanzgegend zählen und fand als die häufigsten Zahlen 10—14; aber die Spinalganglien anderer Regionen konnte ich aus schon angegebenen Gründen nicht untersuchen, und die Hinterzellen im Caudalmark sind nicht zu zählen, weil dieses alle Arten von Härtungen sehr schlecht erträgt und die Hinterzellen den Elementen des Vorderhorns so nahe liegen, dass man sie auf der Flächenansicht nicht gut von ihnen sondern kann.

Im Caudalmark scheinen mir mehr als 7 Hinterzellen auf ein Wurzelgebiet zu kommen, doch beträgt die Vermehrung nicht so viel, um die mittlere Anzahl der Spinalganglienzellen jener Gegend zu erreichen.

Auf die wichtige Frage, ob es Fasern gibt, die weder mit den Spinalganglien-, noch mit den Hinterzellen in Verbindung stehen, kann ich eine etwas bestimmtere Antwort in bejahendem Sinne geben.

Wollte man die Zahl der Zellen im Spinalganglion und im Hinterhorn summiren und mit der Fasersumme der hinteren Wurzel vergleichen, so würde diese Berechnung an allen vorher eingestandenen Mängeln der Ungenauigkeit leiden. Man hätte im Caudalmark etwa:

Hinterzellen Spinalganglienzellen

12 + 16 entsprechen 28 Zellenfasern,

in den mittleren Regionen:

Hinterzellen Spinalganglienzellen

7 + 23 entsprechen 30 Zellenfasern.

Es ist schon angegeben worden, dass die Anzahl der Fasern diese Zahlen überschreitet.

Aber man kann sich auf directe Beobachtungen stützen, um die Existenz von Fasern wahrscheinlich zu machen, die weder mit Spinalganglienzellen, noch mit Hinterzellen zusammenhängen. Wir haben in den Spinalganglien sehr breite, durch ihre Theilungen ausgezeichnete Elemente als durchziehende Fasern kennen gelernt. Diese Fasern bleiben auch auf der *Pia mater* ihrer Stärke wegen kenntlich. Sie übergehen nicht in Hinterzellen ihres Wurzelgebietes, sondern steigen auf der *Pia mater* oberflächlich auf oder in selteneren Fällen ab und sind auf langen Schnitten durch die *Pia mater* zu verfolgen. Man sieht sie oft an den drei nächsten Wurzeln vorbeigehen und erst im vierten Wurzelgebiete verschwinden. Eine Anzahl feinerer Fasern gesellt sich ihnen aus jedem Wurzelgebiete, das sie passiren, bei. Dieselben verschwinden aber noch in demselben oder im nächsten Wurzelgebiete aus den oberflächlichen Fasern, indem sie sich ins Rückenmark einsenken. Je stärker eine oberflächliche Faser ist, desto länger bleibt sie gewöhnlich oberflächlich.

Solche Fasern sind in Fig. 1 und Fig. 3, Tafel III abgebildet. Man erkennt dort, wie aus jeder der fünf hinteren Wurzeln Fasern oberflächlich verbleiben, die feineren sich bald verlieren, die stärkeren in die Höhe steigen und durch mehrere Wurzelgebiete hindurchziehen. Es sammelt sich aber keine Fasermasse aus diesen langen aufsteigenden Fasern, sondern sie verlieren sich allmälig und werden durch Fasern höherer Wurzeln ersetzt.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese starken, lange aufsteigenden Fasern nicht mit grossen Zellen zusammenhängen, denn sie sind im Spinalganglion durchziehende Fasern, im Rückenmarke bleiben sie auf der Oberfläche und oberflächliche Hinterzellen finden sich nicht in ihrem Verlaufe. Man könnte einwenden, dass sich diese Fasern mit Hinterzellen verbinden, nachdem sie endlich ins Rückenmark eingedrungen sind. Man kann dies nicht ganz widerlegen, aber man überzeugt sich doch nur, dass die Fortsätze der Hinterzellen zu Wurzelfasern der nächst höheren oder tieferen Wurzel werden, und ihre Anzahl ist eine so geringe, dass sie auch nur einen kleinen Theil der Fasern der nächsten Wurzel aufnehmen können.

Was ich über das endliche Schicksal dieser Fasern gesehen habe, ist Folgendes: Einmal sah ich eine lange aufsteigende

Faser sich theilen und einen queren Theilungsast, der sich in ein Büschel feiner Fasern auflöste, ins Rückenmark schicken, während der andere Ast senkrecht weiter verlief. Nach kurzem Verlaufe bog er ebenfalls rechtwinkelig um und begab sich ins Rückenmark. Häufiger sah ich eine breite Faser, die weithin aufgestiegen war, in ein Büschel feiner Fasern zerfallen, welche nebeneinander liegen blieben und kurz abgerissen waren.

Die Spaltung in feine Fasern bezeichnet nicht immer das Ende des oberflächlichen Verlaufes starker Fasern. Dieselben zerfallen oft schon während ihres Verlaufes in ein Bündel feiner Fäden, die sich nach kurzem getrenntem Verlauf wieder alle oder theilweise zu einer starken Faser zusammensetzen können.

In vielen Fällen sieht man, dass die beiden aufsteigenden Fasern nicht schon in der Wurzel vorhanden sind, sondern sich erst bilden, wenn die Fasern umbiegen, um als oberflächliche Fasern einen verticalen Verlauf zu nehmen. So sah ich z. B. einmal 5—6 Wurzelfasern zu einer breiten Faser sich zusammensetzen. Sie waren in der Wurzel gut getrennt und hatten gesonderte Umbiegungsstellen. Blos eine Faser erschien schon von der Umbiegung an zusammengesetzt. Die 6 Fasern näherten sich einander allmälig, während sie auf der *Pia mater* aufstiegen. Als sie die nächste Wurzel passirten, lagen sie einander sehr nahe, aber ihre Contouren waren noch gut von einander getrennt. Ein wenig weiter vollzog sich ihre Vereinigung zu einer einzigen, sehr starken Faser, die keine Spur von Zusammensetzung zeigte. Als solche verlief sie nun durch das zweite und dritte Wurzelgebiet. In der Nähe der vierten Wurzel wurde die eine Faser platter und zeigte zwei neue Contouren innerhalb ihrer bisherigen Begrenzungen. An der Eintrittsstelle der vierten Wurzel zerfiel sie wieder in ein Büschel von feinen Fasern, die zum Theil weit von einander getrennt waren; feine Fasern der vierten Wurzel legten sich an dieses Faserbündel enge an. Während des Verlaufes durch das neue Wurzelgebiet verschmolzen die feinen Fasern der vierten Wurzel mit einem Theil der durch Zerspaltung der starken Faser entstandenen zu einer neuen starken Faser, welche nun sich allmälig verschmälerte und am Ende des Präparates noch als einfache Faser zu erkennen war.

Die Deutung dieser Bilder kann dann zweifelhaft sein, wenn die durch Spaltung entstandenen feinen Fasern dicht neben einander liegen. Man kann dann annehmen, dass die früher rundliche Faser platt und mehrrippig (auf dem Querschnitt sternförmig) geworden. Die einzelnen vorspringenden Rippen könnten auf der Flächenansicht das Bild von Fasern geben, während die dünnen ungefärbten Streifen zwischen den Rippen für leeren Zwischenraum gehalten werden. Es mag vorkommen, dass die Faser diese Gestaltung annimmt, bevor sie sich in einzelne Fäden sondert, aber an dieser Sonderung selbst kann kein Zweifel sein, weil man die einzelnen Fasern oft weit von einander abstehen und oft umgebogen sieht. Noch weniger Zweifel bleibt an der Zusammensetzung starker Fasern aus feinen, beim Übergang der queren Wurzelfasern in den verticalen Verlauf.

Ich sah diese Verhältnisse an Schnitten der *Pia mater*, welche in Chromsäure gehärtet und mit Goldchlorid gefärbt waren. Es kann nicht die Rede davon sein, die beschriebenen Bilder für durch die Einwirkung dieser Reagentien hervorgerufene Kunstproducte anzusehen.

Nach Königstein[1] finden sich ähnliche Verhältnisse der Fasertheilung an viel feineren Nervenfäden in der *Cornea* der Wirbelthiere.

Ich weiss durchaus nicht, welchen Werth ich diesen Verhältnissen beilegen soll. Ich sehe mich ausser Stande zu entscheiden, ob die breite Nervenfaser an einer Stelle zwischen ihrer Zusammensetzung aus feinen Wurzelfasern und ihrer Aufpinselung in ein Büschel feiner Fäden wirklich als eine einzige Faser zu betrachten ist. Gibt es etwas — vielleicht Scheidewände — was die streckenweise von einander gesonderten Fäden auch dort von einander sondert und zur gesonderten Leitung befähigt, wo man mit dem Mikroskop im homogenen Axencylinder keinerlei Sonderung sieht?

Zum Nachweise der fibrillären Zusammensetzung des Axencylinders kann ich diese Bilder nicht verwerthen, denn sie zeigen blos, dass sich mehrere Nervenfasern zu einer einzigen zusammen-

[1] Königstein, Beobachtungen über die Nerven der *Cornea* und ihre Gefässe. Diese Berichte LXXVI. Bd. 1877.

setzen, nicht dass die Nervenfaser dort, wo sie einfach scheint, zusammengesetzt ist. Es wäre offenbar für die Beurtheilung dieser Bilder viel gewonnen, wenn man wüsste, wie sich diese Fasern zu Zellen verhalten. Würden alle die feinen Fasern, nachdem sie sich mehrmals zusammengesetzt und wieder von einander gesondert haben, schliesslich doch als ein einziger Stamm oder selbst als getrennte Fasern in dieselbe Zelle eingehen, so hätten wir es wiederum nur mit einer besonderen Art von Fasertheilung zu thun. Eine andere Bedeutung würde den Faserspaltungen zukommen, wenn jedes Fäserchen endlich sich in eine andere Zelle des Centralorgans begeben oder sich fein auflösen würde.

Ich habe dazu nur eine einzige, nicht unzweideutige Beobachtung mitzutheilen. Ich sah eine breitere Faser, welche, nachdem sie eine kurze Strecke aufgestiegen war, in eine oberflächliche Hinterzelle eintrat, kurz vor dem Eintritt in die Zelle verbreitert und wie in zwei Fasern gespalten, die sich später wieder zusammenlegten. Es war genau das Aussehen wie von einer Spaltung aufsteigender, nicht in Zellen eingehender Fasern. Aber während sich an den letzteren Stellen fanden, wo die Fasern weit genug auseinander traten, um ein unzweifelhaftes Bild zu geben, lagen bei den Zellenfasern die beiden vermuthlichen Spaltungsäste einander so nahe, dass ich die Möglichkeit einer anderen Deutung zugeben muss. Es kann an dieser Stelle die Faser im Querschnitte biscuitförmig geworden sein. Ich kann daher dieses Bild nicht zur Deutung der Faserspaltungen verwerthen.

Dies ist, was ich über den Bau der Spinalganglien und ihre Beziehungen zum Rückenmark zu sagen habe. Ich habe mir vorgesetzt, die in Menge vorhandenen Lücken durch weitere Untersuchungen auszufüllen, denn der Petromyzon hat sich mir als ein sehr günstiges Object erwiesen, dem ich weiter nichts vorwerfen kann, als dass es in Wien zu Zeiten so schwer zu beschaffen ist. Hätte ich endlich die Überzeugung, dass die hier zu erlangenden Resultate auch für das Verständniss des Nervensystems höherer Thiere nicht werthlos sind, nicht schon zur Untersuchung mitgebracht, so hätte ich sie aus den Ergebnissen derselben gewinnen müssen.

Ich will jetzt die hauptsächlichen Eigenthümlichkeiten der Spinalganglien von Petromyzon nochmals hervorheben, um damit

den Bau der Spinalganglien höherer Wirbelthiere, wie er aus den Angaben der Autoren hervorgeht, zu vergleichen. In den Spinalganglien von Petromyzon ist ein Theil der Fasern, $^2/_3$ oder $^3/_5$, ausser Zusammenhang mit den Ganglienzellen. Die Spinalganglienzellen sind bipolar; Ranvier'sche Zellen sind Modificationen der bipolaren, welche denselben für den Bau der Spinalganglien gleichwerthig sind. Die tripolaren Zellen mit mehr als einem peripheren Fortsatz sind auf bipolare mit Theilung des einen peripheren Fortsatzes zurückzuführen. Die tripolaren Zellen mit mehr als einem centralen Fortsatz sind den analogen Zellen im Hinterhorn an die Seite zu stellen. Fasertheilungen finden sich überall sehr verbreitet und bedingen im Spinalganglion eine geringe Faservermehrung.

Der Bau der Spinalganglien höherer Wirbelthiere ist nicht so genau bekannt, doch sind als unterscheidende Merkmale von den Spinalganglien der Fische durchziehende Fasern und scheinbar unipolare Zellen aufgestellt worden. Ich darf darauf hinweisen, dass sich diese Elemente auch bei Petromyzon finden. Multipolare Zellen als seltenere Bestandtheile der Spinalganglien sind bei Fischen und Säugethieren nachgewiesen worden. Die Faservermehrung wurde von den meisten Autoren mehr erschlossen als bewiesen. Holl hat sie, auf beweiskräftige Zählungen gestützt, geleugnet. Die Spinalganglien von Petromyzon zeigen eine Faservermehrung, aber sie bedingt keinen wesentlichen Unterschied, weil sie von den Fasertheilungen abhängt, die bei Petromyzon schon frühzeitig in den Stämmen vorkommen, bei höheren Wirbelthieren erst viel weiter peripher bekannt sind. Man ist demnach berechtigt zu behaupten, dass nach dem gegenwärtigen Stande der Untersuchungen ein wesentlicher Unterschied zwischen den Spinalganglien des Petromyzon und der höheren Wirbelthiere nicht besteht.

Wenn die bisher für Eigenthümlichkeiten höherer Organisation gehaltenen Bildungen wie die durchziehenden Fasern und die scheinbar unipolaren Zellen auch dem Petromyzon nicht fehlen, so kann man den Umstand, dass sie bis jetzt bei den höher stehenden Fischen nicht beobachtet wurden, nicht als Beweis anführen, dass sie hier nicht existiren. Sollten die scheinbar unipolaren Zellen hier aber wirklich fehlen, so wäre hiemit

das Schema des Spinalganglions nur auf möglichst einfache und consequente Weise durchgeführt.

Wenn sich gewisse andere, wesentlich erscheinende Verschiedenheiten im Bau der Spinalganglien bei irgend einer Thierclasse sollten nachweisen lassen, so wäre es noch möglich, dass diese Unterschiede durch entsprechende Unterschiede im Bau des Hinterhorns compensirt würden. Sollten z. B. irgendwo die durchziehenden Fasern sehr reducirt sein, so könnte das daher kommen, dass die Hinterzellen vollständiger als anderwärts ins Spinalganglion hinausgerückt sind. Man wird darum gut thun, auf Verschiedenheiten im Bau des Hinterhorns weniger Gewicht zu legen, so lange nicht die Spinalganglien zum Vergleiche herbeigezogen sind, und Spinalganglien und Hinterhorn in Bezug auf ihr Verhältniss zur hinteren Wurzel als ein Ganzes zu betrachten.

Diese Anschauung, wiewohl durch die Untersuchung der Spinalganglien von Petromyzon wesentlich gefördert, stützt sich doch zumeist auf die aus der Entwicklungsgeschichte der Spinalganglien gegebenen Anhaltspunkte.

Der Ansicht, dass die Spinalganglien Reflexapparate seien, fehlt jede Stütze. Es fehlen die zwei peripheren Fortsätze, deren einem man die centripetale, deren anderem man die centrifugale Leitung zumuthen könnte.

VI. Bemerkungen über die Wurzelursprünge und das Rückenmark des Petromyzon.

In meiner oft erwähnten früheren Mittheilung über den Ursprung der hinteren Wurzeln bei Petromyzon habe ich von einem eigenthümlichen Verhalten der Nervenwurzeln berichtet. Es entspringt hier nicht wie bei anderen Wirbelthieren eine hintere Wurzel immer in gleicher Höhe mit einer vorderen Wurzel, mit welcher sie sich später zum gemischten Spinalnerven vereinigt; sondern die Ursprünge hinterer und vorderer Wurzeln alterniren am Rückenmark, so dass jederseits eine hintere Wurzel zwischen zwei vorderen entspringt. Ich habe auch angegeben, dass zum Unterschiede von *Amphioxus*, der sonst eine ähnliche Eigenthümlichkeit der Nervenursprünge zeigt, bei Petromyzon vollständige Symmetrie beider Hälften des Rückenmarks in Bezug auf die

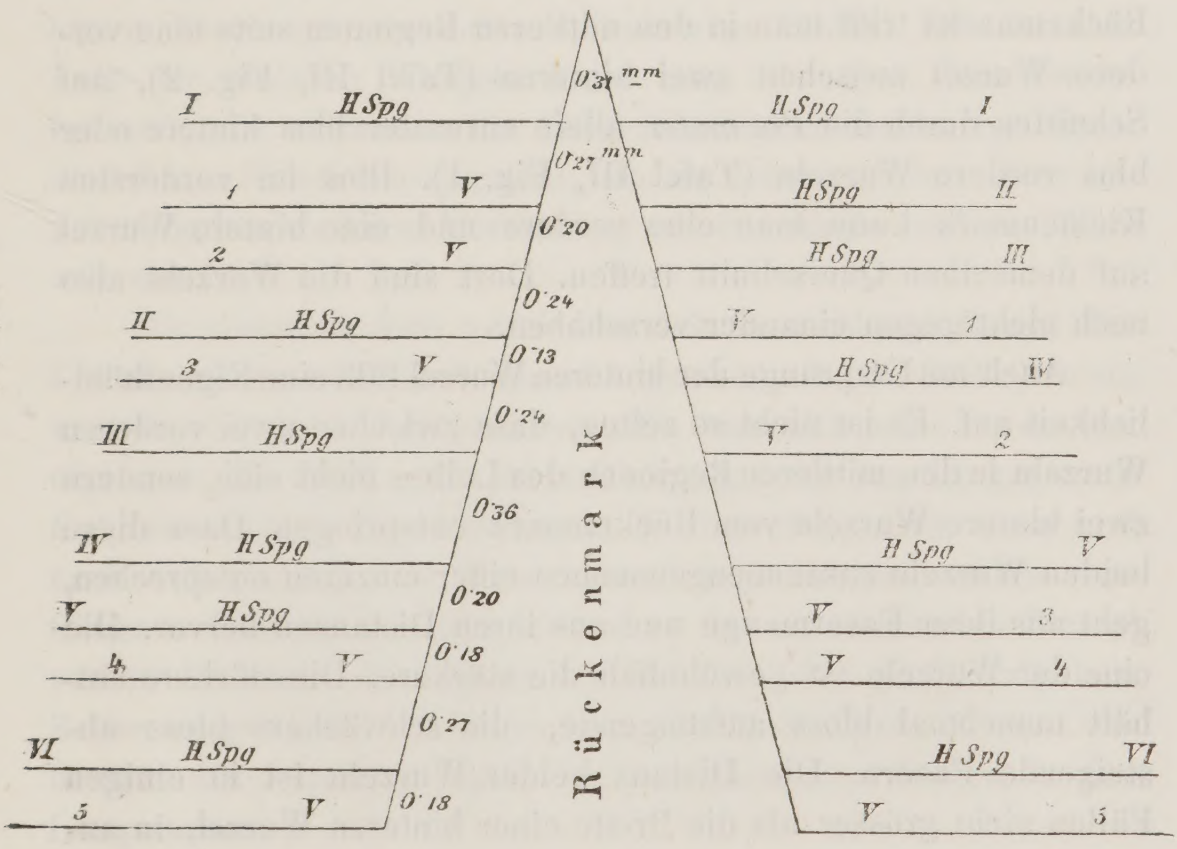
Wurzelursprünge herrscht, und dass im Endstücke des Rückenmarks die Wurzeln nicht mehr gegen einander verschoben sind.

Nach meinen neueren Erfahrungen muss ich die letzten Angaben modificiren. Symmetrie herrscht in den übrigen Regionen des Markes, aber im Caudalmark findet sich jede Art von Unregelmässigkeit in den Wurzelursprüngen. Es sind dort die Wurzeldistanzen variabel, es können mehrere gleichnamige Wurzeln auf einer Seite aufeinander folgen, es kann sich endlich Assymmetrie der Wurzelursprünge dazu gesellen, so dass einer linken hinteren Wurzel rechts eine vordere oder ein Zwischenraum entspricht. Das regelmässige Alterniren findet sich auch im Endstücke des Rückenmarks, aber nicht als Regel, sondern als ein specieller Fall unter den dort vorkommenden Unregelmässigkeiten.

Einige Beispiele mögen diese Behauptungen erläutern:

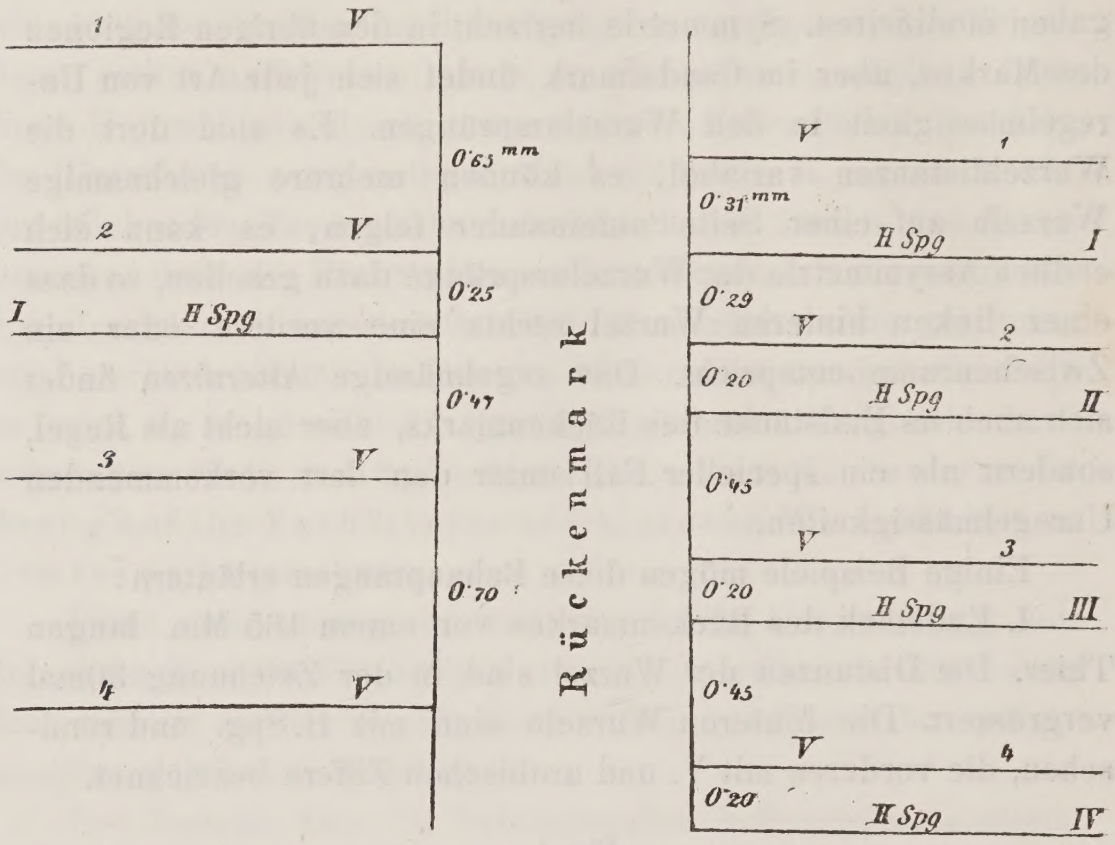
I. Endstück des Rückenmarkes von einem 165 Mm. langen Thier. Die Distanzen der Wurzel sind in der Zeichnung 30mal vergrössert. Die hinteren Wurzeln sind mit H.Spg. und römischen, die vorderen mit V. und arabischen Ziffern bezeichnet.

Fig. 1.



II. Caudalmark etwas entfernt vom Ende. Die Distanzen der Wurzeln 30mal vergrössert.

Fig. 2.



Auf transversalen Durchschnitten durch die Hüllen des Rückenmarks trifft man in den mittleren Regionen stets eine vordere Wurzel zwischen zwei hinteren (Tafel III, Fig. 2), auf Schnitten durch die *Pia mater* allein entweder blos hintere oder blos vordere Wurzeln (Tafel III, Fig. 1). Blos im vordersten Kiemenmark kann man eine vordere und eine hintere Wurzel auf demselben Querschnitt treffen. Dort sind die Wurzeln also noch nicht gegen einander verschoben.

Auch am Ursprunge der hinteren Wurzel fällt eine Eigenthümlichkeit auf. Es ist nicht so selten, dass zwischen zwei vorderen Wurzeln in den mittleren Regionen des Leibes nicht eine, sondern zwei hintere Wurzeln vom Rückenmark entspringen. Dass diese beiden Wurzeln zusammengenommen einer einzigen entsprechen, geht aus ihrer Fasermenge und aus ihren Distanzen hervor. Die eine der Wurzeln ist gewöhnlich die stärkere. Die stärkere enthält manchmal bloss aufsteigende, die schwächere bloss absteigende Fasern. Die Distanz beider Wurzeln ist in einigen Fällen nicht grösser als die Breite einer hinteren Wurzel, in an-

deren Fällen ist die eine halbe Wurzel von der anderen um die Hälfte des Zwischenraumes zwischen einer hinteren und der nächsten vorderen getrennt. Die eine halbe Wurzel kann auch im Niveau der nächsten vorderen entspringen, während die andere halbe an der gewöhnlichen Stelle ein halbes Wurzelgebiet davon entfernt ist. In diesem Falle ist es die geringe Faserstärke der beiden Wurzeln, welche sie als halbe erkennen lässt. Die Fasern der hinteren Wurzel laufen parallel oder überkreuzen sich erst bei der Umbiegung. Einmal sah ich sie schon in der Wurzel sich kreuzen, so dass die unterste Faser die oberste Umbiegungsstelle erreichte.

Aus den beschriebenen Eigenthümlichkeiten des Ursprungs erklärt sich, dass die Wurzeln sich nicht sofort zur Bildung gemischter Nerven vereinigen. Die Wurzeln des Endstückes vom Rückenmark treten überhaupt nicht zu gemischten Nerven zusammen. Man kann dies leicht sehen, denn sie isoliren sich auf lange Strecken am Rückenmark hängend. Die Nerven anderer Regionen isoliren sich nicht in grosser Ausdehnung bei Anwendung der beschriebenen Vergoldung und Maceration. Eine anatomische Präparation derselben ist beim Süsswasser-Petromyzon nicht möglich. Ich kann daher nicht sagen, ob sich bei Petromyzon überhaupt gemischte Spinalnerven bilden. Die dorsalen Äste der hinteren Wurzeln kann man bis über den *Nervus lateralis*, die ventralen bis über die Chordascheide verfolgen. Auf dieser Strecke wenigstens, wo sie schon mehrere Äste abgeben, gehen sie keine Verbindung mit den Ästen vorderer Wurzeln ein.

Die ventralen Äste verbinden sich am vorderen Rande der Chorda mit einander durch einen Längsstamm. An der Stelle, wo ein ventraler Ast diesen Längsstamm trifft, lösen sich seine Fasern von einander. Ein Theil setzt seine Richtung über den Längsstamm fort, ein anderer Theil übergeht in denselben nach oben und nach unten umbiegend. Fasern des Längsstammes, welche von früheren Wurzeln stammen, ziehen an der einmündenden Wurzel vorbei. In einige der Fasern der letzteren sind grosse tripolare Zellen eingelagert, sie liegen mit zwei Fortsätzen in der Continuität des ventralen Astes und schicken den dritten in den Längsstamm.

Solche Längsstämme, welche die aufeinanderfolgenden Spinalnerven mit einander verbinden, sind nach Stannius[1] bei Fischen nicht selten. Bei Gadoiden haben sowohl die dorsalen als die ventralen Äste der Spinalnerven ihre verbindenden Längsstämme.[2]

„Die dorsalen Äste aller Spinalnerven und spinalartigen Hirnnerven, vom *N. trigeminus* an, pflegen häufig durch einen Längsstamm, in welchen Elemente eines jeden Astes eingehen, unter einander verbunden zu werden. Der gemeinsame Längsstamm, der dadurch entsteht, wird, weil er vom *N. trigeminus* ausgeht, als *R. lateralis Trigemini* bezeichnet.[3]“

Der ventrale Längsstamm bei Petromyzon stellt eine Bahn dar, durch welche die angelehnten Fasern des einen Nerven in die Wurzel eines anderen übergehen könnten. Ich habe darum Bedenken getragen, die angelehnten Fasern mit Volkmann[4] für sympathische Elemente, welche ausser Zusammenhang mit dem Centralorgan stehen, zu erklären.

Bei Joh. Müller[5] findet sich über die Vereinigung beider Wurzeln folgende Angabe: „An der fibrösen Scheide der Chorda angeheftet vereinigen sie sich erst nach unten, bedeckt von den Muskeln.“ Ich kann wenigstens von den letzten Wurzeln des Caudalmarks sagen, dass ihre Selbständigkeit so gross ist, dass man von vorderen und hinteren Spinalnerven anstatt von vorderen und hinteren Wurzeln reden könnte.

Nach Langerhans[6] gibt es bei Amphioxus keine gemischten Nerven.

„.....es findet sich zwischen zwei aufeinanderfolgenden Spinalnerven nie ein verbindender Ast und nie ein Faseraustausch. Jeder Nerv verzweigt sich vollkommen selbstständig, ohne sich seinem Nachbar zu verbinden“.

---

[1] Stannius, Das periphere Nervensystem der Fische. 1849, p. 119 und ff.

[2] ibid. p. 120, p. 150.

[3] ibid. p. 151.

[4] Volkmann, Über die Faserung des Rückenmarkes und des sympathischen Nerven in Rana esculenta. Müller's Archiv 1838, p. 291.

[5] Vergl. Neurologie der Myxinoiden, p. 197.

[6] Langerhans, Zur Anatomie des Amphioxus lanceolatus. Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. XII, 1875. p. 295.

Stieda[1] hat die in ähnlicher Weise wie bei Petromyzon vom vorderen und hinteren Umfange des Rückenmarkes entspringenden Nerven des Amphioxus den vorderen und hinteren Wurzeln gleichgestellt und Spinalganglien an ihnen beschrieben. Nach Stieda's Deutung wäre die Übereinstimmung des peripheren Nervensystems bei Amphioxus und Petromyzon eine sehr weitgehende.

Langerhans[2] bestreitet indessen die Stieda'sche Deutung und läugnet das Vorhandensein von Spinalganglien bei Amphioxus. —

Vielleicht sind aber bei Petromyzon die Nervenwurzeln in einem anderen Sinne „gemischt". Ich meine damit, dass man in den vorderen Wurzeln Elemente findet, die sonst nur den hinteren angehören und als charakteristisch für dieselben gelten.

In einigen vorderen Wurzeln des Caudalmarkes fand ich nicht weit von der Theilung der Wurzel in den dorsalen und ventralen Ast blasse, kleine, aber vollkommen deutliche Ganglienzellen eingelagert, nie mehr als eine in einer Wurzel, welche zwei oder in einem Falle drei Fortsätze hatten, die in feine Fasern übergingen. Die Beobachtung war eine ganz unzweifelhafte, die Zellen konnten den Wurzeln auch nicht aufgelagert sein, denn man sah sie mitten zwischen den Fasern der vorderen Wurzel liegen (Tafel II, Fig. 4).

Auch sehr feine Fasern sind in vorderen Wurzeln in grosser Menge vorhanden und an Goldpräparaten nachweisbar, wenngleich sie nicht in jeder Wurzel aufzufinden sind. Ich weiss nicht, ob sie einen constanten oder wie die kleinen, ihnen eingelagerten, Nervenzellen einen inconstanten Bestandtheil der vorderen Wurzel bilden. —

Auf der vorderen Fläche des Rückenmarkes befindet sich ein System von eigenthümlichen Fasern. Diese Fasern kommen aus der Tiefe der Vorderseitenstränge, liegen in der Mitte des Rückenmarkes vor dem Centralcanal ganz oberflächlich, und theilen sich daselbst gabelig. Ihre Theilungsäste senken sich dann wieder in die Vorderseitenstränge ein. Ich habe diese Fasern zuerst an mit Goldchlorid gefärbten Alkoholpräparaten

[1] Mémoires de l'Academie de St. Pétersbourg, T. XIX. 1873.

[2] l. c. p. 295 u. ff.

von Petromyzon marinus gesehen und habe sie dann an jedem Rückenmark vom Ammocoetes auffinden können.

An den ersteren Präparaten schien die oberflächliche gelatinöse Schicht des Rückenmarkes helle, scharf begrenzte Räume zu bilden, in denen die stärkeren dieser Fasern lagen. Diese Fasern sind theils stärkere, theils feinere; die feineren sind immer die kürzeren und entziehen sich schon in der Umgebung des Centralcanals der weiteren Verfolgung. Die Zusammenordnung der starken und feinen Fasern gibt charakteristische Bilder, die sich in Abständen in ganz ähnlicher Weise wiederholen. Der gewöhnlichste Verlauf einer starken Faser ist folgender. Sie taucht als Querfaser aus dem Seitenstrange der einen Seite auf, verläuft, während sie an die Oberfläche des Rückenmarkes kommt und an Stärke zunimmt, gegen den Centralcanal, überschreitet diesen und theilt sich in der anderen Hälfte des Rückenmarkes gabelig; die Theilung liegt noch oberflächlich. Die beiden Äste übergehen in die Längsrichtung und ziehen, der eine nach oben, der andere nach unten, während sie sich rasch verschmälern, in den Vorderseitenstrang ihrer Seite, wo sie unter den anderen Längsfasern verschwinden. Während ihres oberflächlichen Verlaufes wird die starke Faser von anderen starken gekreuzt, welche theils von derselben Seite, theils von der entgegengesetzten als Querfasern kommen und einen ähnlichen Verlauf nehmen (Tafel II, Fig. 2). Nicht an allen Fasern sieht man deutliche Theilungen, in der Regel aber leicht an den starken. Manche Fasern theilen sich oberflächlich mehrere Male hintereinander. Ich habe Fasertheilungen aus dem Rückenmarke isolirt, welche den beschriebenen sehr glichen; ich weiss aber nicht, ob ausser den beschriebenen noch andere Fasertheilungen im Rückenmarke vorkommen.

Bei Stannius[1] findet sich die Angabe „An den von den Ganglienkörpern sehr weit entfernt liegenden langen Axencylindern der Centralorgane nimmt man selten deutliche Theilungen wahr.“

Eine Beziehung dieser oberflächlichen Kreuzung zu den vorderen Wurzelfasern oder zu den Vorderhornzellen ist nicht

[1] Stannius in Wagner's Neurologischen Untersuchungen, p. 88.

nachzuweisen. Die vorderen Wurzelfasern treten direct in die Tiefe des Rückenmarkes ein, ohne mit den in der nächsten Nähe ihres Eintrittes sich kreuzenden Fasern in Verbindung zu stehen. Die Fortsätze der Nervenzellen, welche Antheil an den vorderen Faserkreuzungen nehmen, verlaufen meist quer und weniger oberflächlich.

Das beschriebene oberflächliche Fasersystem ist im Wesentlichen eine Kreuzung eines Theils der Vorderseitenstränge mit der Eigenthümlichkeit, dass sich Fasern während ihres oberflächlichen Verlaufes theilen, so dass für eine Faser, die von der einen Seite her in die Kreuzung tritt, zwei Fasern in die Längsfasern der anderen Seite eintreten. Auf dem Querschnitte des Rückenmarkes sind diese Fasern wegen ihres schiefen Verlaufes und ihrer oberflächlichen Lage nicht nachzuweisen.

Die Autoren beschreiben zwar vordere Faserkreuzungen, aber sie sagen so wenig von der ganz oberflächlichen Lage, dem charakteristischen Verlauf und den reichlichen Theilungen, dass sich ihre Beschreibungen eher auf die tiefer liegenden Fasern der vorderen Commissur zu beziehen scheinen.

Stilling[1] sagt in der Erklärung der Figuren 7 und 8 seiner Tafel XXIX, welche transversale Längsschnitte durch das Rückenmark von Petromyzon darstellen,

zu Figur 7:

„Es sind dieses die, die mittleren Schichten der weissen Vorderstränge bildenden Nervenprimitivfasern. Dieselben werden in schiefen Winkeln vielfach durchkreuzt von quer- und schräglaufenden Fasern, *k*, *k'*, *k''*, den Fasern der *Commissura anterior*."

Zu Figur 8:

„Dicht neben der Mitte des Präparats, *e*, *e*, gewahrt man feinere und dickere Längsfasern, *g*, *g'*, welche die vordersten Schichten der weissen Vorderstränge bilden. Bei *k*, *k'* werden dieselben durchkreuzt von Querfasern, welche die vordern Theile der *Commissura anterior* bilden".

---

[1] Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarkes 1859, p. CV.

Reissner:[1] „Statt nun von den nach innen gehenden Fortsätzen zu reden, will ich vorher bemerken, dass der ganze Zwischenraum zwischen den beiden seitlichen dunklen Streifen“ (den Vorderhörnern) „von zahlreichen queren und verschiedenartig schrägen, oft sich kreuzenden Axencylindern durchsetzt wird. — Einen Theil dieser Axencylinder kann man mit Leichtigkeit als Fortsätze der Nervenzellen in den dunklen Streifen nachweisen, von anderen gelingt es nicht. Letzteres wird nicht weiter auffallen, wenn man sich erinnert, wie sehr die Fasern der unteren Commissur von der Ebene abweichen können, in welcher die grossen äusseren Nervenzellen liegen. Dass die erwähnten Axencylinder aber wenigstens zum Theil der unteren Commissur an gehören, wird nach dem über die Beschaffenheit der Querschnitte Mitgetheilten, und daraus, dass sie entschieden unter den Müller'schen Fasern liegen, nicht bezweifelt werden können“.

Kutschin:[2] „An horizontalen Längsschnitten, welche die untere Commissur getroffen hatten, sah Kutschin, dass der Raum, welcher zwischen den zu beiden Seiten des Centralcanals gelegenen Zellenhaufen existirt, von zahlreichen Fasern durchschnitten wird. Diese Fasern ziehen horizontal oder schräg, sich vielfach kreuzend, aus einer Hälfte des Markes in die andere. Kutschin fand, dass einige dieser Fasern, welche von den grossen Zellen der äusseren Gruppe entspringen, auf die andere Seite hinüberziehen und nachdem sie hier die äusserste Grenze des Zellenhaufens erreicht hatten, sich hier an die Fasern schliessen, welche die untere Wurzel bilden. Andere Fasern, nachdem sie in die weisse Masse der anderen Seite eingedrungen, schlagen hier die Richtung nach vorn (Kopf) oder nach hinten (Schwanz) ein und laufen hier bis zur nächstliegenden Wurzel, in welche sie eintreten. Der grösste Theil der Fasern konnte nicht so weit verfolgt werden, es verloren sich dieselben zwischen den anderen“.

---

[1] Reissner, Beiträge zur Kenntniss vom Bau des Rückenmarkes vom Petromyzon fluviatilis. Müller's Archiv 1860, p. 580.

[2] Referate aus der russischen Literatur von Stieda. Max Schultze's Archiv, Bd. II, 1866. p. 527.

Über das Stützgewebe des Rückenmarkes habe ich eine Mittheilung zu machen. Im Verlaufe meiner Bemühungen eine gute Erhärtung des Rückenmarkes zu bekommen, habe ich mehrere Male Ammocoetes 3—4 Tage in 0·2% Chromsäure liegen lassen und dann unmittelbar in starken Alkohol übertragen. Die Härtung solcher Präparate ist keine gute, aber das Rückenmark selbst hat seine bandförmige Gestalt beibehalten und seine Elemente sind sehr schön erhalten, so dass es gut von der Fläche zu untersuchen ist.

So behandeltes Rückenmark zeigt gewöhnlich eine auffällige Fleckung. Sowohl am gefärbten als ungefärbten Präparat sind hellere Stellen von ganz unregelmässiger Gestalt und Anordnung vorhanden. Diese hellen Stellen sind immer gross, können vom Rande bis zum Centralcanal reichen, selbst auf die andere Seite übergreifen; die Veränderung, die an ihnen vor gegangen, betrifft die ganze Dicke des Rückenmarkes. Die nervösen Elemente sind in diesen hellen Stellen gar nicht verändert, weder dislocirt, noch anders gefärbt; sie sind im Gegentheile dort besonders deutlich zu erkennen und mit grosser Schärfe zu verfolgen. Die nervösen Elemente können demnach an dem Zustandekommen dieser hellen Flecke keinen Antheil haben. Sieht man näher zu, so bemerkt man auch, dass in den hellen Flecken die Kerne der gewöhnlich „bindegewebig“ genannten Zellen fehlen. Diese Kerne gehören zu sehr schmalen und blassen spindelförmigen Zellen mit langen Fortsätzen, deren Zellleib ohne Isolation der Zellen nicht zu sehen ist. Die grösste Anhäufung dieser Zellen ist um den Centralcanal, ihre Zellkerne gleichen auch vollkommen den Kernen der Epitelzellen und ihre Fortsätze den vom Centralcanal abgewandten Fortsätzen der Epitelzellen. Sie sind aber auch in unregelmässiger Vertheilung in der grauen und in Längsreihen in der weissen Substanz vorhanden.

Die hellen Flecke werden hervorgerufen durch das Fehlen dieser Zellen — und wahrscheinlich eines von ihnen ausgehenden Gerüstes — was am auffälligsten ist, wenn ein heller Fleck die Umgebung des Centralcanals betrifft. Da aber die hellen Flecke Artefacte sind, die man jederzeit durch die angegebene Behandlung hervorbringen kann, ist man genöthigt anzunehmen,

dass diese Behandlung zur Folge hat, dass das von den Zellen ausgehende Gerüst an manchen Stellen reisst und sich gegen den Centralcanal zurückzieht, wodurch Stellen entstehen, die von den Zellen und ihrem Gerüste ganz frei sind.

Dagegen fehlt in den hellen Stellen nicht jene Art von nicht nervöser Zwischensubstanz, welche man als Neuroglia beschreibt, sie ist dort vielmehr deutlicher als anderswo zu erkennen. Man muss daher annehmen, dass im Rückenmark zweierlei nicht nervöse Bestandtheile vorkommen: die Neuroglia und das Gerüst unserer in Rede stehenden Zellen. Letztere muss man wegen der Analogie ihrer Kerne und Fortsätze mit denen der Epitelzellen in derselben Weise als „Stützgewebe" bezeichnen, wie man vom Stützgewebe im Innern des Rückenmarkes höherer Wirbelthiere spricht. Weiss man ja, dass bei Batrachierembryonen die Fortsätze der Epitelialzellen das ganze Rückenmark durchsetzen und den Anfang alles Stützgewebes bilden. Wirklich bindegewebige Elemente habe ich bisher im Rückenmarke von Petromyzon vermisst. Es fehlen daselbst auch Gefässe, die ja immer von bindegewebigen Elementen begleitet werden. Dieselben treten erst in der *Med. oblongata* auf.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, dass ich nicht mit den Angaben von Langerhans[1] über das Stützgewebe im Rückenmarke des Petromyzon übereinstimmen kann.

„Alle nervösen Elemente des Rückenmarkes liegen in einem Bindegewebsgerüst, das in ähnlicher Weise wie die granulirten Schichten der Netzhaut gerade hier mit grosser Deutlichkeit sich analysiren lässt. Es besteht nämlich ganz ausschliesslich aus den Deiters'schen Bindegewebskörperchen, deren zahlreiche Fortsätze das streifige Gewebe darstellen, welches Reissner erwähnt".

VII. Uber ein Nervennetz der Pia mater.

Auf der inneren, dem Rückenmarke zugewendeten, Fläche der Pia mater habe ich mehrere Male mit der beschriebenen Vergoldung und Maceration ein Netz von feinen varicösen Fasern

[1] l. c. p. 80 u. ff.

dargestellt. Dass diese feinen Fasern sich durch Goldchlorid darstellen lassen und die Salzsäuremaceration ertragen, ohne von ihrer Schärfe einzubüssen, ist der eine Beweis für ihre nervöse Natur; ein anderer Beweis ist, dass man breite, nicht varicöse Fasern, die aus den Nervenwurzeln kommen und ganz den anderen Wurzelfasern gleichen, sich in dieses Netz auflösen sieht. Weiter kann man den Beweis nicht führen, da den Nervenfasern von Petromyzon das Myelin abgeht, welches bei anderen Thieren die für Nervenfasern am meisten charakteristischen Bilder gibt. Doch gibt es bei Petromyzon kaum welche Elemente, die man mit Nervenfasern verwechseln könnte. Endlich ist das ganze Aussehen des Fasernetzes dem von anderen Nervennetzen sehr ähnlich, die man anderswo beschreibt und anerkennt.

Dieses Nervennetz entsteht auf zweierlei Weise. Einerseits lösen sich einzelne Fasern durch Verdünnung und Abgabe von Ästen in dasselbe auf, andererseits gibt es Punkte in der Pia mater, von denen breitere und varicöse Fasern nach allen Richtungen ausstrahlen. In Tafel IV, Fig. 3 ist *A* ein solcher Punkt. Diese Punkte scheinen Stellen zu entsprechen, wo sich sehr breite aber kurze Fasern plötzlich in ihre Verästelungen auflösen, während die einzelnen Fasern streckenweise unverästelt verlaufen und sich allmälig in varicöse Fäden theilen.

Die Fasern kommen zum Theil aus Wurzeln — leider erlauben meine Präparate nicht die Entscheidung, ob sie aus hinteren oder vorderen Wurzeln kommen, — zum Theil verlaufen sie zwischen zwei Wurzeln. Es ist dann nicht leicht zu sagen, woher sie stammen. An den Präparaten, die ich erhielt, war das Rückenmark ganz schwarz geworden, die Pia mater umgab es als ein zu weiter Sack, und nur die Stücke der Pia mater, welche rechts und links über das Rückenmark hinausreichten, waren der Untersuchung zugänglich. An solchen Präparaten sieht man einzelne Fasern vom Rückenmark herkommen, kann aber nicht entscheiden, ob sie nicht blos über das Rückenmark wegziehen. An einigen Präparaten gelang es mir, das dunkle Rückenmark aus der Pia mater herauszuziehen, so dass deren vorderes Blatt unmittelbar auf dem hinteren lag. An solchen Präparaten sah ich mehrmals, dass die sich auflösenden Fasern an der lateralen Umbiegung der Pia mater am breitesten sind. Sie scheinen daher

aus den äussersten seitlichen Theilen des Rückenmarkes zu entspringen.

Es gibt in der That in den Vordersäulen des Rückenmarkes Zellen, die lange, breite Ausläufer bis an den lateralen Rand des Rückenmarkes schicken, an Stellen, wo keine Wurzeln austreten. Diese Ausläufer scheinen sich dort weder zu verästeln, noch zu Längsfasern umzubiegen. Es wäre also möglich, dass sie aus dem Rückenmarke austreten und in das Nervennetz der Pia mater gehen. Ich habe auf der Pia mater auch einzelne Nervenfasern beobachtet, welche an beiden Enden in varicöse Fäden übergingen.

Die Varicositäten der feinen Fasern sind sehr regelmässige Gebilde. Es sind scharf umschriebene, kugelige oder ellipsoidische schwarz gefärbte Knötchen, von denen man nicht entscheiden kann, ob sie die sie verbindenden Fäden unterbrechen oder ihnen blos aufliegen. Vereinzelt kommen sie auch an den breiteren Fasern kurz vor deren Auflösung vor. Ihr Abstand ist stellenweise ein sehr gleichmässiger, an anderen Stellen nimmt er wie ihre Grösse zu oder ab, im Verhältnisse zur Zu- oder Abnahme der Stärke der feinen Faser. Einige dieser Varicositäten sind Knotenpunkte. In ihnen theilt sich die feine Faser in 2—4 noch feinere, die selbst wieder durch Fäden, welche ihre Varicositäten verbinden, zusammenhängen. Andere Fasertheilungen als in solchen Knötchen kommen nicht vor.

So entsteht aus der Auflösung der Fasern ein feines Netz, welches aber weder sehr engmaschig noch regelmässig ist. Einzelne varicöse Fasern verlaufen oft auf längere Strecken unverästelt; selten sind mehrere unmittelbar aufeinanderfolgende Varicositäten Knotenpunkte für Fasertheilungen.

Die Maschenräume, die entstehen, sind meist viereckig, länglich, bilden in ihrem Ensemble keine regelmässigen Figuren und sind auch nicht nach einer Richtung besonders ausgezogen. Es mag indessen sein, dass Zeichnungen, wie sie meine Abbildung wiedergibt, unvollständige sind, und dass eine bessere Goldfärbung reichlichere Verästelung und feinere Varicositäten zeigen würde.

Mit den Gefässen der Pia mater, die mehr nach Aussen liegen, scheinen diese feinen Fasern nichts zu thun zu haben.

Ich sah einigemale, dass die Gefässe besondere begleitende Nerven haben.

Die feinen Fasern des Nervennetzes scheinen auf der Pia mater zu verbleiben, wenigstens sah ich sie nie aus derselben heraustreten.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Spinalganglion von Petromyzon, Goldpräparat, gezeichnet bei Hartnack Ocular 3, Objective 8 und X, Vergrösserung 520.

Spinalganglion mit 15 Zellen; 5 grössere und 1 kleine im ventralen, 8 mittelgrosse und 1 kleine im dorsalen Ast. Die Grössenunterschiede der dorsalen und ventralen Zellen sind hier nicht bedeutend. Von jeder der 13 Zellen erster und zweiter Grössenordnung sind beide Fortsätze zu verfolgen. Im dorsalen Ast eine Ranvier'sche Zelle *RZ*. Die letzten dorsalen Zellen etwas dislocirt.

Der centrale Fortsatz der Zelle *n* dislocirt und abgerissen.

Ein Zellkern ist nur in der Zelle *c* zu sehen, die übrigen Kerne durch die starke Färbung der Zellen unkenntlich.

Im ventralen Ast zwei breite durchziehende Fasern *dz*. Mittelstarke durchziehende Fasern reichlich in beiden Ästen. Angelehnte Fasern deutlich bei ang. Es sind zwei sympathische Äste vorhanden.

HW = hintere Wurzel.
v A = ventraler Ast.
kz = Kleinzelle.
d A = dorsaler Ast.
gz = Grosszelle.
zf = Zellenfasern.
ang, *ang'*, = angelehnte Fasern.
s A = sympathischer Ast.
dz = breite durchziehende Faser.
dz' = mittelstarke durchziehende Faser.
wf = um die Wurzel gewundene Faser.
RZ = Ranvier'sche Zelle.

Fig. 2. Spinalganglion von Ammocoetes, Goldpräparat, gezeichnet bei Hartnack 2/8, Obj. X konnte nicht angewendet werden, daher erschienen

mehrere Zellen unipolar. Beim Zerdrücken des Spinalganglions zeigte es sich, dass alle Zellen, mit Ausnahme der Doppelzelle *dpz*, bipolar waren.

Die Doppelzelle zeigte, nachdem sie isolirt war, bei *x* einen zweiten centralen Fortsatz. Vergrösserung 305.

gf = Gefäss.

s a = sympathischer Ast.

dz' = durchziehende Fasermasse.

hw = hintere Wurzel.

ang = angelehnte Faser.

Fig. 3. Spinalganglion, Goldpräparat, gezeichnet bei Hartnack $^2/_8$, Obj. *X* konnte nicht angewendet werden. Beim Zerdrücken des Präparates konnte man die beiden Fortsätze der scheinbar apolaren Zelle *az* erkennen. Zwei Ranvier'sche Zellen *Rz* und *Rz'*, letztere mit sehr kurzem Fortsatz. Vergrösserung 435.

hw = hintere Wurzel.

gza = Grosszellenast.

dz' = durchziehende Fasern.

kza = Kleinzellenast.

Rz, *Rz'* = Ranvier'sche Zellen.

az = scheinbar fortsatzlose Zelle.

ang = angelehnte Fasern, die im Bogen vom ventralen in den dorsalen Ast ziehen.

Fig. 4*A*. Ranvier'sche Zelle aus einem der letzten Spinalganglien, Goldpräparat.

Fig. 4. *B—F*. Isolirte Zellen aus Spinalganglien, nach Bleistiftskizzen, die von den Präparaten gemacht worden waren, gezeichnet.

B bipolare Zelle mit Theilung des peripheren Fortsatzes.

C tripolare Zelle mit zwei centralen Fortsätzen aus einem Spinalganglion; eben solche Formen finden sich im Rückenmark.

D Ranvier'sche Zelle; der Fortsatz der Zelle *R* theilt sich bei *I*. Von den beiden Theilungsästen theilt sich der Ast *b* nochmals T-förmig bei *II*.

E Zwei anscheinend unipolare Zellen, deren Fortsätze sich vereinigen. (?)

F Ranvier'sche Zelle; der Fortsatz der Zelle *R* theilt sich zum ersten Male bei *I*, von den beiden Asten theilt sich der eine *b* nochmals gabelig bei *II*.

Tafel II.

Fig. 1. Spinalganglion, Goldpräparat.

Gez. bei Hartnack $^3/_8$. Vergrösserung 435. Mehrere breite durchziehende Fasern, einige mit Fasertheilung.

h W = hintere Wurzel.

dz = breite durchziehende Faser.

dz' = durchziehende Faser.

zf = Zellenfaser.

Th = Theilungen von Fasern.

Th' = Theilung einer breiten Faser in zwei ungleich starke Äste.

ang = angelehnte Faser.

Fig. 2. Rückenmark von Petromyzon marinus. Ansicht von der vorderen Fläche. Alkohol-Karminpräparat. Vergrösserung 115.

Vordere oberflächliche Faserkreuzung.

C = Centralcanal.

Mf = die Müller'schen (kolossalen) Fasern.

Vhz = Vorderhornzellen.

Cmf = Vordere Faserkreuzung.

T*h* = Theilungen von Fasern.

Fig. 3. Eine hintere Wurzel mit oberflächlicher Hinterzelle auf der Pia mater. Alkohol-Karminpräparat. Vergrösserung 220.

h W = hintere Wurzel.

zf = Zellenfaser.

ohz = oberflächliche Hinterzelle.

auf.f = aufsteigende Faser.

Fig. 4. Vordere Wurzel, Goldpräparat. Vergrösserung 285.

v W = vordere Wurzel.

d = dorsaler Ast.

v = ventraler Ast.

kz = kleine, eingelagerte Zelle.

Tafel III.

Fig. 1. Flächenschnitt der Pia mater mit 5 hinteren Wurzeln und den oberflächlichen Fasern und Hinterzellen. Chromsäurepräparat mit Gold gefärbt. Vergrösserung 50. Bei hW^2, *h W* und *h W'* zwei halbe Wurzeln an Stelle einer einzigen.

hw^1 — hw^5 = hintere Wurzeln.

ohz = oberflächliche Hinterzellen.

auf. f = lange aufsteigende Fasern.

qhz = in die Wurzel eingelagerte Hinterzelle.

FZ = Faserzusammensetzungen im Verlaufe der aufsteigenden Fasern.

Fig. 2. Flächenschnitt (Frontalschnitt) durch die Pia mater und die umgebenden Gewebe. Chromsäurepräparat mit Gold gefärbt. Vergrösserung 105.

Zellen in den queren Verlauf der Wurzel eingelagert bei *qhz* und *qhz'*.

sk G = sog. skeletbildendes Gewebe um den Rückenmarkskanal.

D = Dura mater.

Ar = Arachnoidealraum.

Spg = Spinalganglion.

G = Gefässdurchschnitt.

M = Muskel.
h W = hintere Wurzel.
U = Umbiegung der hinteren Wurzelfasern im Rückenmark.
v W = vordere Wurzel.
Gf = Gefäss.
qhz = querliegende, in die Wurzel eingelagerte Hinterzellen.

Fig. 3. Hintere Wurzel mit aufsteigenden Fasern und oberflächlicher Hinterzelle aus einem Flächenschnitt der Pia mater. Chromsäure-Goldpräparat. Vergrösserung 110.

h W = hintere Wurzel.
auf. f = aufsteigende Fasern aus einer früheren Wurzel.
ohz = oberflächliche Hinterzelle.

Fig. 4. Isolirte oberflächliche Hinterzelle auf der Pia mater. Chromsäure-Goldpräparat. Vergrösserung 110.

ohz = oberflächliche Hinterzelle.
zf = Wurzelfortsatz derselben.
hw = Umbiegung desselben zur hinteren Wurzel.
c = centraler Fortsatz.

Tafel IV.

Fig. 1. Ventraler Ast einer hinteren Wurzel und das ihn begleitende Gefäss. Eine der gefässbegleitenden Fasern *gbf* ist in den ventralen Ast der hinteren Wurzel zu verfolgen. Goldpräparat. Vergrösserung 225.

spz = äusserste Spinalganglienzelle.
v A = ventraler Ast.
sz = sympathische Zelle.
ez = in den ventralen Ast eingelagerte kleine Zelle.
a A = von dem ventralen Ast abgehende Ästchen.
gbf = gefässbegleitende Faser.
z = Zweig der gefässbegleitenden Faser.
ff = feine varicöse Fasern, in die sich die gefässbegleitende Faser auflöst.

Fig. 2. Spinalganglion, ventraler Ast der hinteren Wurzel und das begleitende Gefäss. Der ventrale Ast vor der Einlagerung der ventralen Zellen gerissen. (*) Bei *C* eine Commissur zwischen zwei Nervenzellen. Goldpräparat. Vergrösserung 225.

Sp G = Spinalgefäss.
d = dorsaler,
v = ventraler Ast.
s = sympathischer Ast.
ang = angelehnte Faser.
dz' = durchziehende Faser in den sympathischen Ast.
Th = Theilung einer den dorsalen Ast kreuzenden Faser.
a A = Aste, die vom ventralen Ast abgehen.

sz = sympathische Zelle.
sdz = sympathische Doppelzelle.
G A = Gefässäste.
ff = feine Fasern, in die sich eine gefässbegleitende Faser auflöst.
Gf = Gefäss.
gbf = gefässbegleitende Faser.
zs = Spinalganglienzelle, die ihren Fortsatz in den sympathischen Ast schickt.

Fig. 3. Feines Netz varicöser Fasern auf der Pia mater. Goldpräparat. Vergrösserung 185.
PM = Pia mater.
Rmk = Rückenmark.
Wz = Wurzel.
G = Gefäss in der Pia mater.
nf = Nervenfasern, die sich in das Netz varicöser Fasern auflösen
A = ein Punkt, von welchem die sich auflösenden Nervenfasern und varicöse Fasern ausstrahlen.

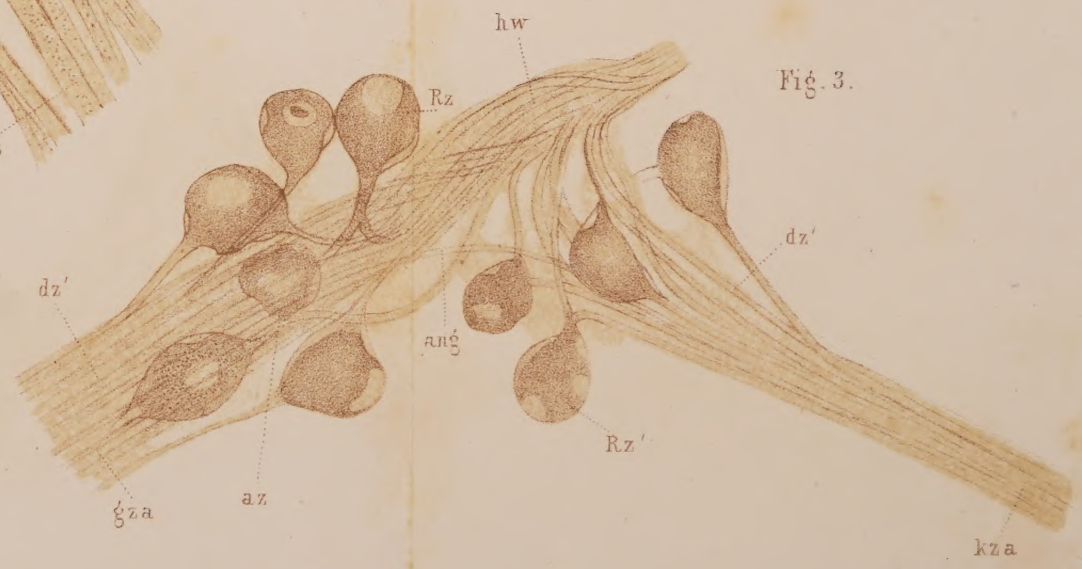
Aus der k. k. Hof- und Staatsdruckerei in Wien.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 4.

Fig. 3.



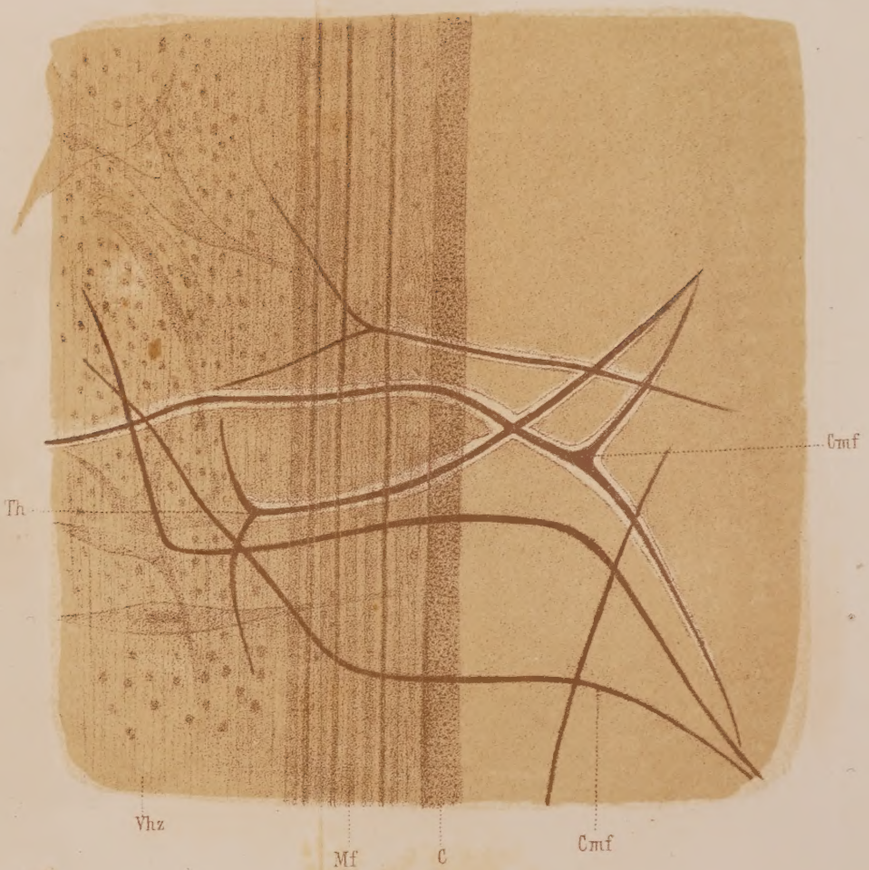
Ges. v. Verf. lith. v. F. Schima.

Sitzungsb. d. k. Akad. d. W. math. naturw. Cl. LXXVIII. Bd. III. Abth. 1878.

Druck v. J. Wagner, Wien.

Fig. 1.

Fig. 2.



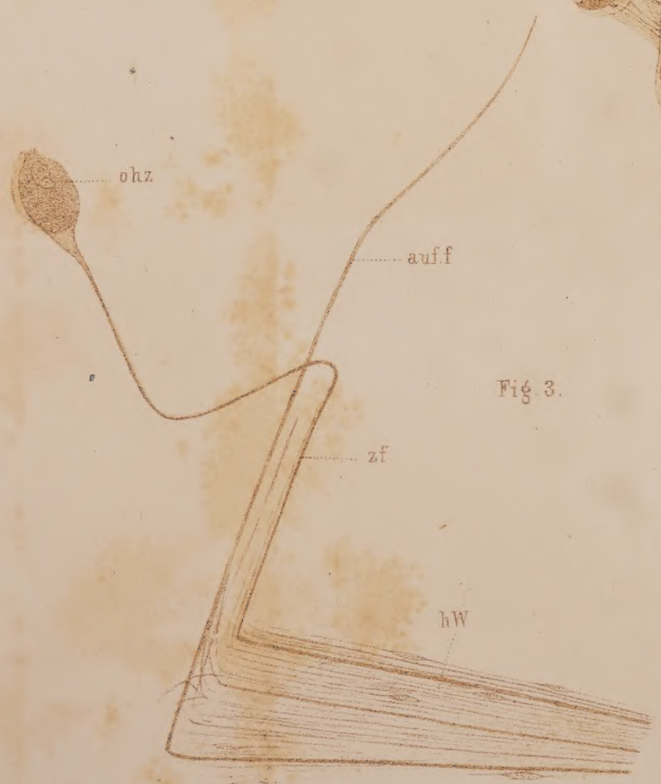
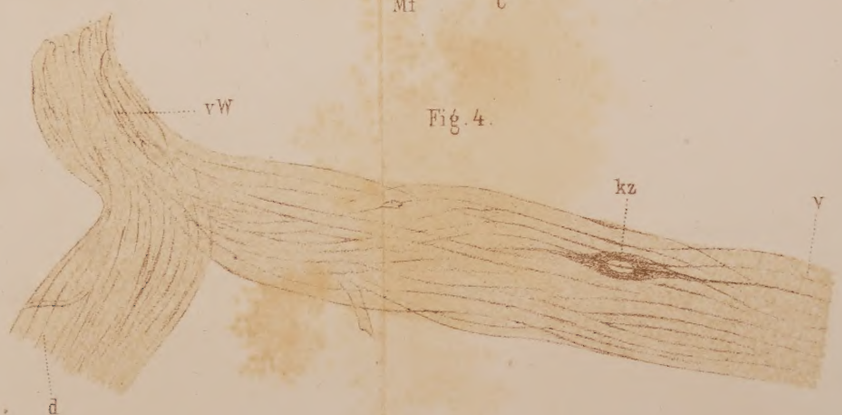


Fig. 3.

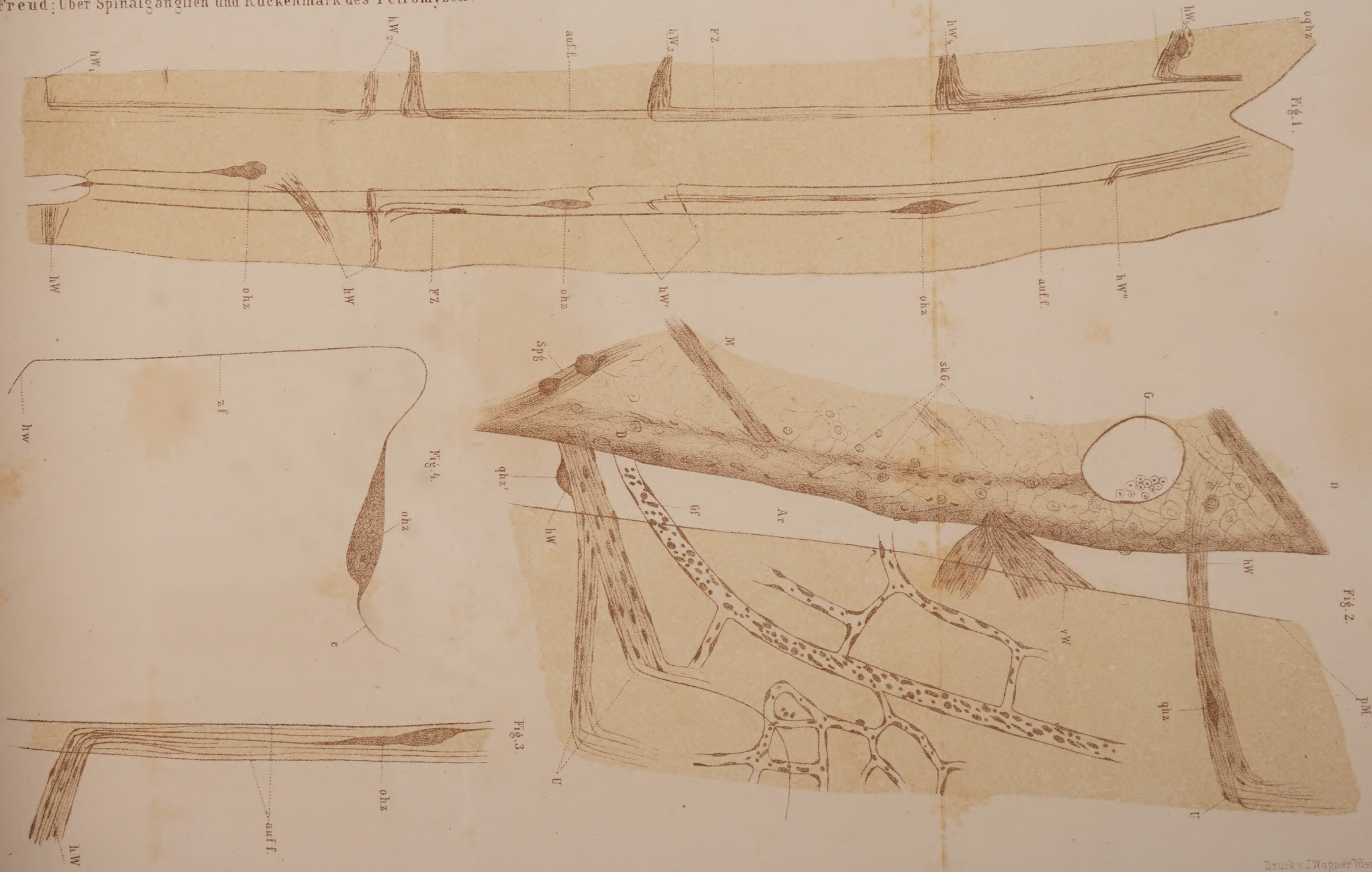
Fig. 4.



Gez. v. Verf. lith. v. F. Schima

Druck v. J. Wagner Wien

Sitzungsb. d. k. Akad. d. W. math. naturw. Cl. LXXVIII. Bd. III. Abth. 1878.



Gez. v. Verf. lith. v. F. Schima.

Druck v. J. Wagner Wien.

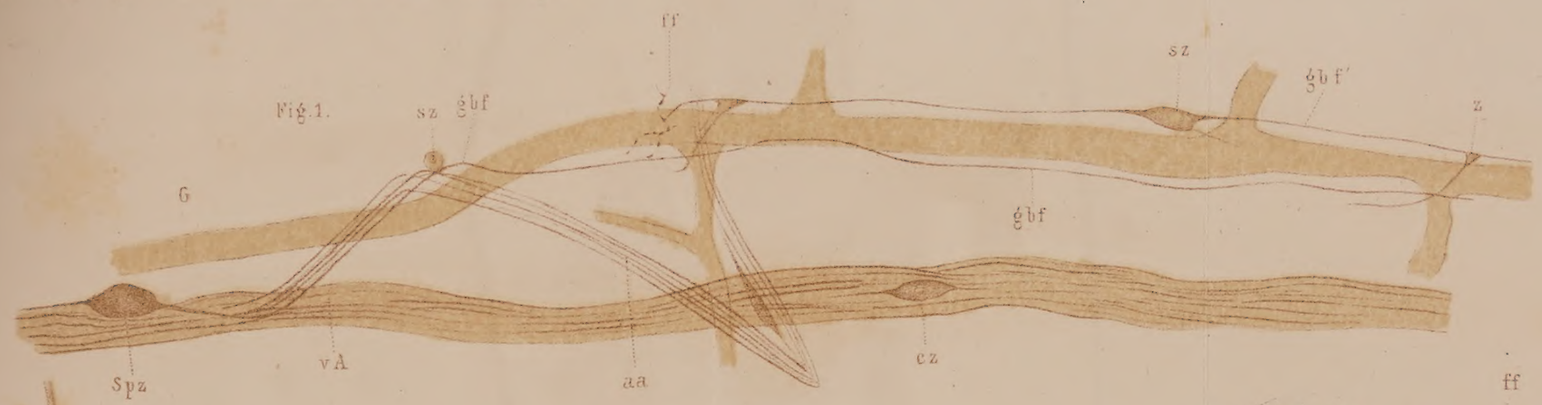


Fig. 1.
ff
sz
gbf'
sz
gbf
G
gbf
z
vA
aa
cz
Spz

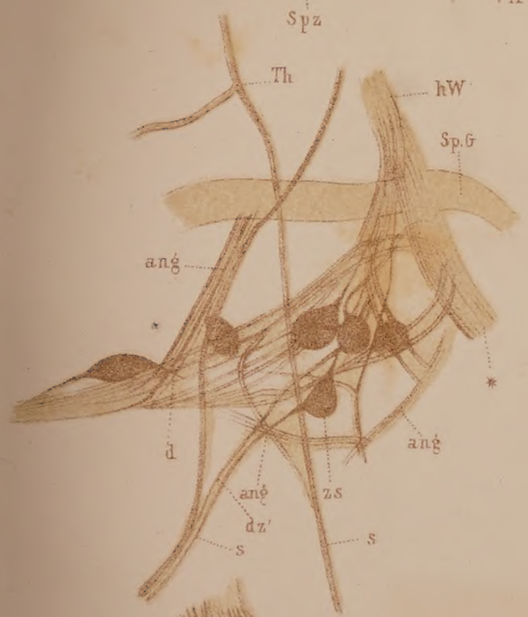

Th
hW
Sp.G
ang
d
ang
ang
dz'
zs
s
s

Fig. 2.

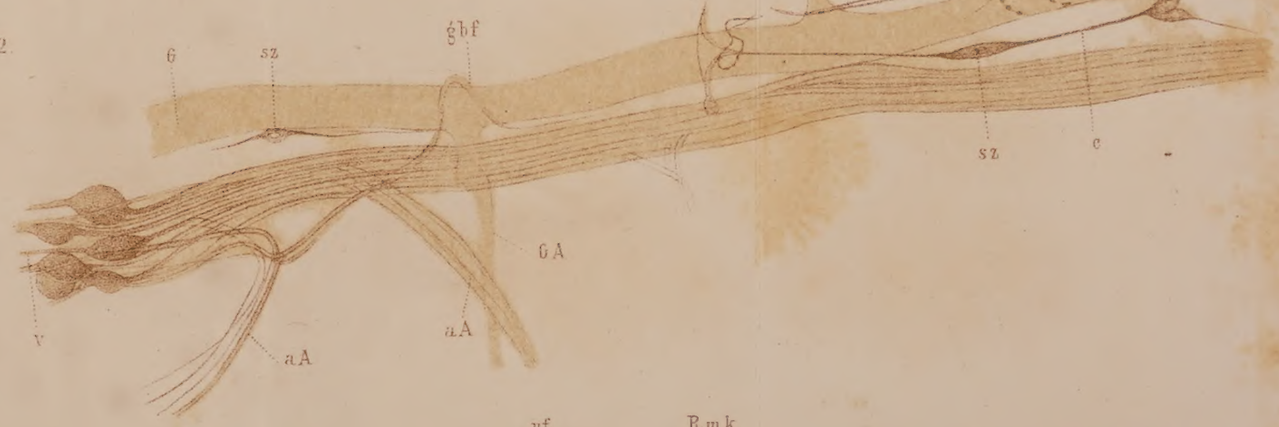
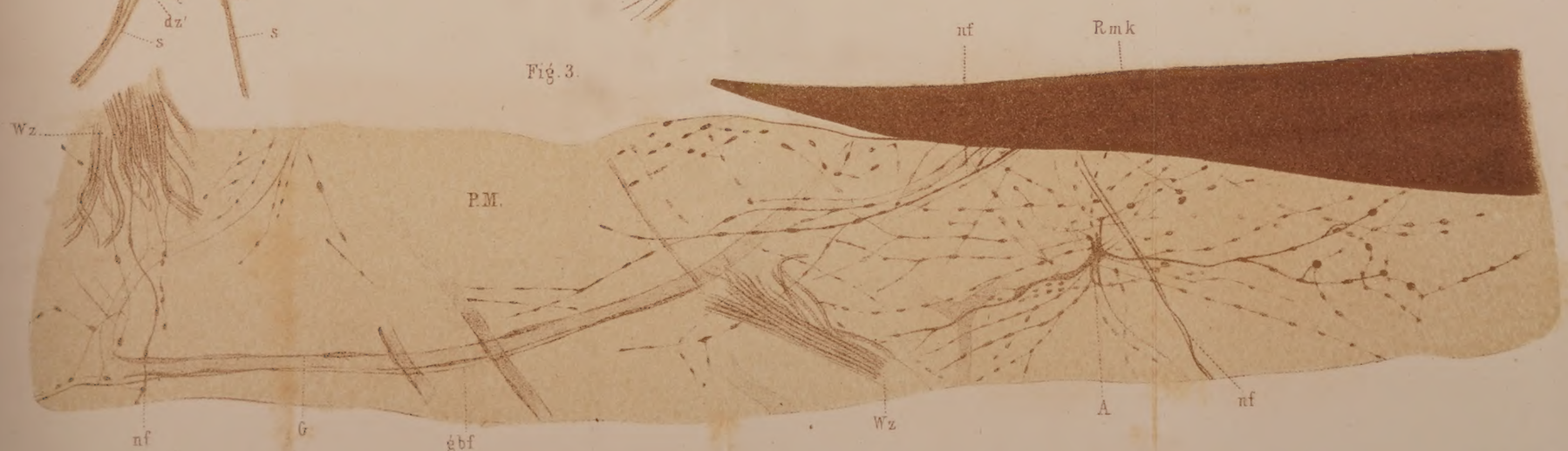

ff
sdz
gbf
Gf
gbf
G
sz
sz
c
GA
V
aA
aA

Fig. 3.


nf
Rmk
Wz
P.M.
nf
G
gbf
Wz
A
nf